

## Introduzione al linguaggio C

- ▶ Abbiamo già visto come un programma non sia altro che un algoritmo codificato in un **linguaggio di programmazione**.
- ▶ Problema: quale linguaggio scegliere per la codifica di un algoritmo?
  - ▶ Il linguaggio naturale sarebbe facilmente comprensibile ma non è eseguibile da una macchina.
  - ▶ Il linguaggio macchina che abbiamo brevemente illustrato è eseguibile ma di difficile comprensione.
- ▶ Due requisiti fondamentali di un qualsiasi linguaggio per la descrizione di algoritmi:
  - ▶ deve essere preciso per non lasciare adito a dubbi interpretativi
  - ▶ deve essere sintetico per non rendere difficile la comprensione dei programmi.

- ▶ Il linguaggio naturale e il linguaggio macchina si collocano in posizioni opposte, soddisfacendo uno solo dei requisiti.
- ▶ I linguaggi di programmazione ad **alto livello** sono progettati proprio per colmare tale **gap**.
  - ⇒ sono linguaggi adatti a codificare algoritmi pur rimanendo comprensibili.
- ▶ La fatica di tradurre un programma nel linguaggio macchina è affidata a particolari programmi, i **compilatori**, che traducono programmi scritti nel linguaggio di più alto livello in programmi **equivalenti** nel linguaggio macchina.

- ▶ Vedremo il cosiddetto **ANSI C** (standard del 1989, con successive aggiunte)
- ▶ Il primo programma C: ciao mondo

```
#include <stdio.h>
main()
    /* Stampa un messaggio sullo schermo. */
    {
        printf("Ciao mondo!\n");
    }
```



- ▶ Questo programma stampa sullo schermo una riga di testo:

```
Ciao mondo!
>
```

- ▶ Vediamo in dettaglio ogni riga del programma.

```
/* Stampa un messaggio sullo schermo. */
```

- ▶ testo racchiuso tra “/\*” e “\*/” è un **commento**
- ▶ i commenti servono a chi scrive o legge il programma, per renderlo più comprensibile
- ▶ il compilatore ignora i commenti
- ▶ attenzione a non dimenticare di **chiudere** i commenti con \*/, altrimenti tutto il resto del programma viene ignorato

## main()

- ▶ è una parte presente in tutti i programmi C
- ▶ le parentesi “(” e “)” dopo main indicano che main è una **funzione**
- ▶ i programmi C sono composti da una o più funzioni, tra le quali ci **deve** essere la funzione **main**
  - ⇒ **main** è una **funzione speciale**, perché l'esecuzione del programma incomincia con l'esecuzione di **main**
- ▶ la parentesi “{” apre il **corpo** della funzione e “}” lo chiude
  - ▶ la coppia di parentesi e la parte racchiusa da esse costituiscono un **blocco**
  - ▶ il corpo della funzione contiene le istruzioni (e dichiarazioni) che costituiscono la funzione

## printf("Ciao mondo!\n");

- ▶ è un'**istruzione semplice** (ordina al computer di eseguire un'azione) in questo caso visualizzare (stampare) sullo schermo la sequenza di caratteri tra apici
- ▶ ogni **istruzione semplice deve terminare con “;”**
- ▶ oltre alle istruzioni semplici, esistono anche **istruzioni composte** (che non devono necessariamente terminare con “;”)
- ▶ la parte racchiusa in una coppia di doppi apici è una **stringa** (di caratteri)
- ▶ “\n” non viene visualizzato sullo schermo, ma provoca la stampa di un **carattere di fine riga**
  - ▶ “\n” è un **carattere di escape** e, insieme al carattere che lo segue, assume un significato particolare (**sequenza di escape**)
- ▶ in realtà anche **printf** è una funzione, e l'istruzione di sopra è un'**attivazione** di funzione (le vedremo più avanti)

```
#include <stdio.h>
```

- ▶ è una **direttiva di compilazione**
- ▶ viene interpretata dal compilatore durante la compilazione
- ▶ la direttiva “**#include**” dice al compilatore di includere il contenuto di un file nel punto corrente
- ▶ **<stdio.h>** è un file che contiene i riferimenti alla libreria standard di input/output (dove è definita la funzione **printf**)
- ▶ il linguaggio C non prevede istruzioni esplicite di input/output. Queste operazioni sono definite tramite funzioni nella libreria standard di input/output.

### Note:

- ▶ è importante distinguere i caratteri maiuscoli da quelli minuscoli  
**Main**, **MAIN**, **Printf**, **PRINTF** non andrebbero bene
- ▶ si è usata l'**indentazione** per mettere in evidenza la struttura del programma (▶)

## Alcune varianti del programma

```
#include <stdio.h>
main()
  /* Stampa un messaggio sullo schermo. */
{
  printf("Ciao");
  printf(" mondo!\n");
}
```

- ▶ produce lo stesso effetto del programma precedente
- ▶ la seconda invocazione di **printf** incomincia a stampare dal punto in cui aveva smesso la prima
- ▶ Cosa viene stampato se usiamo

```
printf("Ciao");           printf("Ciao\n");
printf("mondo!\n");       printf("mondo!\n");
```

## Un altro programma: area di un rettangolo



```
#include <stdio.h>

main() {
    int base;
    int altezza;
    int area;

    base = 3;
    altezza = 4;
    area = base * altezza;

    printf("Area: %d\n", area);
}
```

Quando viene eseguito stampa:

```
Area: 12
>
```

## Le variabili

Servono a rappresentare, nei programmi, le associazioni (modificabili) dello stato

⇒ cf.  $x \rightsquigarrow val$  nello pseudo-linguaggio

Una variabile è caratterizzata dalle seguenti **proprietà**:

1. **nome**: serve a identificarla — esempio: `area`
2. **valore**: valore associato nello stato corrente — Esempio: `4` (può cambiare durante l'esecuzione)
3. **tipo**: specifica l'insieme dei possibili valori — Esempio: `int` (numeri interi)
4. **indirizzo**: della cella di memoria a partire dal quale è memorizzato il valore.

Nome, tipo e indirizzo **non possono cambiare** durante l'esecuzione.

## Le variabili (cont.)

- ▶ Il **nome** di una variabile è un **identificatore C**
    - ⇒ sequenza di lettere, cifre, e `_` che inizia con una lettera o con `_`
    - Esempio: `Numero_elementi`, `x1`, ma non `1_posto`
      - ▶ può avere lunghezza qualsiasi, ma solo i primi 31 caratteri sono significativi
      - ▶ lettere minuscole e maiuscole sono considerate distinte
  - ▶ Ad ogni variabile è associata una **cella di memoria** o più celle **consecutive**, a seconda del suo tipo. Il suo **indirizzo** è quello della prima cella.
  - ▶ Analogia con una scatola di scarpe etichettata in uno scaffale
    - ▶ nome ⇒ etichetta
    - ▶ valore ⇒ scarpa che c'è nella scatola
    - ▶ tipo ⇒ capienza (che tipo di scarpe ci metto dentro)
    - ▶ indirizzo ⇒ posizione nello scaffale (la scatola è incollata)
- N.B.**
- ▶ non tutte le variabili sono denotate da un identificatore
  - ▶ non tutti gli identificatori sono identificatori di variabile (ad es. funzioni, tipi, parole riservate, ...)

## Area del rettangolo

- ▶ `int base;` — è una **dichiarazione di variabile**
  - ▶ viene creata la scatola e incollata allo scaffale
  - ▶ ha **tipo** `int` ⇒ può contenere interi
  - ▶ ha **nome** `base`
  - ▶ ha un **indirizzo** (posizione nello scaffale), che è quello della cella di memoria associata alla variabile
  - ▶ ha un **valore iniziale**, che però non è significativo (è casuale)
    - ⇒ la scatola viene creata piena, però con una scarpa scelta a caso, ovvero
    - ⇒ l'associazione nello stato è del tipo `nome ↔ ?`
- ▶ `int altezza;`  
`int area;`
  - ⇒ come per `base`

## Variabili numeriche

### Variabili **intere**

- ▶ per dichiarare variabili intere si può usare il tipo `int`
- ▶ i valori di tipo `int` sono rappresentati in C con almeno **16** bit
- ▶ il numero effettivo di bit dipende dal compilatore  
**Esempio:** **32** bit per il compilatore gcc (usato in ambiente Unix)
- ▶ in C esistono altri tipi per variabili intere (`short`, `long`) — li vedremo più avanti

### Variabili **reali**

- ▶ per dichiarare variabili reali si può usare il tipo `float`  
**Esempio:** `float temperatura;`

## Area del rettangolo

```
base = 3;
```

è un'istruzione di **assegnamento** (come nel nostro pseudo-linguaggio)

- ▶ in C l'**operatore di assegnamento** è denotato dal simbolo “=”
- ▶ come già sappiamo, l'effetto è di **modificare** una associazione nello stato
  - ⇒ in questo caso il valore **3** viene associato a `base`, come?
  - ⇒ il nuovo valore viene scritto nello spazio associato alla variabile
- ▶ a questo punto la variabile `base` ha un valore significativo
  - ⇒ da `base ↔ ?` a `base ↔ 3`

```
altezza = 4; ⇒ come sopra
```

```
area = base * altezza;
```

a destra di “=” possono comparire **espressioni** ⇒ il valore assegnato è quello dell'espressione calcolata nello stato corrente

- ▶ una variabile all'interno di una espressione **sta per** il valore ad essa associato in quel momento (cf. pseudo-linguaggio)

Nota: **operatori aritmetici** tra interi del C `+`, `-`, `*`, `/`, `%`, ...

## Area del rettangolo

```
printf("Area: %d\n", area);
```

- ▶ è un'istruzione di **stampa**
- ▶ il primo argomento è la **stringa di formato** che può contenere **specificatori di formato**
- ▶ lo specificatore di formato `%d` indica che deve essere stampato un intero in notazione decimale (`d` per decimal)
- ▶ ad ogni specificatore di formato nella stringa deve corrispondere un valore che deve seguire la stringa di formato tra gli argomenti di `printf`

**Esempio:** `printf("%d%d···%d", i1, i2, ..., in);`

- ▶ nel caso di `printf("Ciao mondo!\n");` la stringa di formato non conteneva specificatori e quindi non vi erano altri argomenti.

## Struttura dei programmi C

- ▶ Nel semplice programma che abbiamo appena analizzato possiamo già vedere la struttura generale di un programma C.

```
/* DIRETTIVE DI COMPILAZIONE */
#include <stdio.h>
main() {

    /* PARTE DICHIARATIVA */
    int base;
    int altezza;
    int area;

    /* PARTE ESECUTIVA */
    base = 3;
    altezza = 4;
    area = base * altezza;
    printf("Area: %d\n", area);
}
```



Un programma C deve contenere nell'ordine:

- ▶ Una parte contenente **direttive** per il compilatore. Nel nostro programma la direttiva

```
#include <stdio.h>
```

- ▶ l'identificatore predefinito `main` seguito dalle parentesi `()`.
- ▶ due parti racchiuse tra **parentesi graffe**
  - ▶ la **parte dichiarativa**. Nell'esempio:

```
int base;  
int altezza;  
int area;
```

- ▶ la **parte esecutiva**. Nell'esempio:

```
base = 3;  
altezza = 4;  
area = base * altezza;  
printf("Area: %d\n", area);
```

## La parte dichiarativa

- ▶ È posta prima della codifica dell'algoritmo e obbliga il programmatore a **dichiarare** i nomi simbolici che saranno presenti nello stato e di cui farà uso nella parte esecutiva. Contiene i seguenti elementi:
  - ▶ la sezione delle dichiarazioni di **variabili**;
  - ▶ la sezione delle dichiarazioni di **costanti**.
- ▶ Le dichiarazioni:
  - ▶ rendono più pesante la fase di costruzione dei programmi, ma
  - ▶ consentono di individuare e segnalare errori in fase di **compilazione**.

### Esempio:

```
int x;  
int alfa;  
alfa = 0;  
x=alfa;  
alba=alfa+1;
```

- ▶ Nell'ultima linea abbiamo erroneamente scambiato una **b** con una **f**  
⇒ il compilatore individua `alba` come **variabile non dichiarata**.

## Dichiarazioni di variabili

- ▶ Abbiamo già visto esempi di dichiarazioni di variabili.

```
float x;  
int base;  
int altezza;
```

- ▶ Ad ogni variabile viene attribuito, al momento della dichiarazione, un **tipo**

⇒ specifica l'insieme dei valori che la variabile può assumere

- ▶ La dichiarazione può anche attribuire un **valore iniziale** alla variabile (**inizializzazione**)

```
int x = 0;
```

- ▶ Variabili dello stesso tipo possono essere dichiarate contemporaneamente

```
int base, altezza, area;
```

(ma inizializzate singolarmente)

**Esempio:** `int x, y, z=0;` solo `z` è inizializzata a 0.

## Dichiarazioni di costanti (variabili *read-only*)

- ▶ Una dichiarazione di **costante** crea un'associazione **non modificabile**  
⇒ associa in modo **permanente** un valore ad un identificatore.

**Esempio:**

```
const float PiGreco=3.14;  
const int N=100;
```

- ▶ L'associazione tra il nome `PiGreco` ed il valore `3.14` non può essere modificata durante l'esecuzione.
- ▶ Come per le dichiarazioni di variabili, più costanti dello stesso tipo possono essere dichiarate insieme

**Esempio:**

```
const float PiGreco=3.14, e=2.718;  
const int N=100, M=200;
```

- ▶ **N.B.** cosa succede quando si modifica una variabile *read-only* non è specificato dallo standard ANSI C, dipende dal compilatore.

## Uso di costanti

- ▶ Con la dichiarazione `const float PiGreco=3.14;` l'istruzione  
`AreaCerchio=PiGreco*RaggioCerchio*RaggioCerchio;`  
è equivalente a  
`AreaCerchio=3.14*RaggioCerchio*RaggioCerchio`
- ▶ Maggiore **leggibilità** dei programmi, dovuta all'uso di nomi simbolici
- ▶ Maggiore **adattabilità** dei programmi che usano costanti

### Esempio:

Per aumentare la precisione, basta cambiare la dichiarazione in  
`const float PiGreco = 3.1415;`

Senza l'uso della costante si dovrebbero rimpiazzare nel codice **tutte** le occorrenze di `3.14` in `3.1415 ...`

## Area di un rettangolo di dimensioni lette da tastiera

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int base, altezza, area;

    printf("Immetti base del rettangolo e premi INVIO\n");
    scanf("%d", &base);
    printf("Immetti altezza del rettangolo e premi INVIO\n");
    scanf("%d", &altezza);

    area = base * altezza;

    printf("Area: %d\n", area);
}
```

Nuova istruzione: `scanf("%d", &base);`

- ▶ `scanf` è la funzione duale di `printf`
- ▶ legge da input (tastiera) un valore intero e lo assegna alla variabile `base`
- ▶ `"%d"` è la **stringa di controllo del formato** (in questo caso viene letto un intero in formato decimale)
- ▶ `"&"` è l'**operatore di indirizzo**
  - ▶ `&base` indica (l'indirizzo del)la locazione di memoria associata a `base`
  - ▶ `scanf` memorizza in tale locazione il valore letto
- ▶ quando viene eseguita `scanf` il programma si mette in attesa che l'utente immetta un valore. Quando l'utente digita **Invio**
  1. la sequenza di caratteri immessa viene convertita in un intero (formato `%d`) e
  2. l'intero ottenuto viene assegnato alla variabile `base` (viene cioè scritto nella/e cella/e di memoria a partire dall'indirizzo passato a `scanf`)**N.B.** il precedente valore della variabile `base` va perduto (cf. `Input(base)` nell pseudo-linguaggio.)

## Esempio di esecuzione

- ▶ Vediamo cosa avviene durante l'esecuzione (indichiamo in **rosso** ciò che l'utente digita e in particolare con **↵** il tasto Invio).

Immetti base del rettangolo e premi INVIO

**5 ↵**

Immetti altezza del rettangolo e premi INVIO

**4 ↵**

Area: 20

## Assegnamento

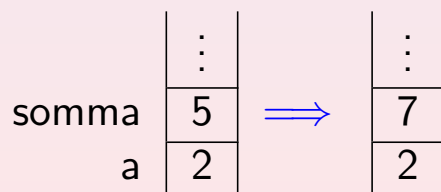
- Ricordiamo che l'esecuzione di  $x = \text{exp}$  corrisponde a:
1. valutare il valore dell'espressione  $\text{exp}$  a destra di "=" (usando i valori correnti delle variabili);
  2. assegnare **poi** tale valore alla variabile  $x$  a sinistra di "=".

### Esempio:

```
somma = 5;
```

```
a = 2;
```

```
somma = somma + a;
```



### Esempio:

	a	b
int a, b;	?	?
a = 2;	2	?
b = 3;	2	3
a = b;	3	3
a = a + b;	6	3
b = a + b;	6	9

## Osservazioni sull'assegnamento

- ▶ **Attenzione:** A sinistra di "=" ci deve essere un identificatore di **variabile**

⇒ denota la corrispondente associazione modificabile nello stato.

**Esempio:** Quali istruzioni sono corrette e quali no?

$a = a;$	SI corretta (anche se poco significativa ...)
$a = 2 * a;$	SI corretta (il valore associato ad $a$ viene raddoppiato)
$5 = a;$	NO, $5$ non denota una associazione modificabile nello stato ma un valore costante
$a + b = c;$	NO, $a+b$ è un'espressione, non una variabile!

## Tipi di dato semplici

- ▶ Abbiamo visto nei primi esempi che il C tratta vari **tipi di dato**  
⇒ le dichiarazioni associano variabili e costanti al corrispondente **tipo**
- ▶ Per **tipo di dato** si intende un insieme di **valori** e un insieme di **operazioni** che possono essere applicate ad essi.

**Esempio:**

I numeri interi  $\{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$  e le usuali operazioni aritmetiche (somma, sottrazione, ...)

- ▶ Ogni tipo di dato ha una propria **rappresentazione** in memoria (codifica binaria) che utilizza un certo numero di celle di memoria.
- ▶ Il meccanismo dei tipi ci consente di trattare le informazioni in maniera **astratta**, cioè prescindendo dalla sua rappresentazione **concreta**.

L'uso di variabili con tipo ha importanti conseguenze quali:

- ▶ per ogni variabile è possibile determinare a priori l'insieme dei valori ammissibili e l'insieme delle operazioni ad essa applicabili
- ▶ per ogni variabile è possibile determinare a priori la quantità di memoria necessaria per la sua rappresentazione
- ▶ è possibile rilevare a priori (a tempo di compilazione) errori nell'uso delle variabili all'interno di operazioni non lecite per il tipo corrispondente

**Esempio:** Nell'espressione  $y + 3$  se la variabile  $y$  non è stata dichiarata di tipo numerico si ha un errore (almeno dal punto di vista **concettuale**) rilevabile a tempo di compilazione (cioè senza eseguire il programma).

## Classificazione dei tipi

- ▶ **Tipi semplici:** consentono di rappresentare informazioni semplici  
**Esempio:** una temperatura, una misura, una velocità, ecc.
- ▶ **Tipi strutturati:** consentono di rappresentare informazioni costituite dall'aggregazione di varie componenti  
**Esempio:** una data, una matrice, una fattura, ecc.
- ▶ Un valore di un tipo semplice è logicamente **indivisibile**, mentre un valore di un tipo strutturato può essere **scomposto** nei valori delle sue componenti  
**Esempio:** un valore di tipo **data** è costituito da tre valori (semplici)
- ▶ Il C mette a disposizione un insieme di tipi predefiniti (tipi **built-in**) e dei meccanismi per definire nuovi tipi (tipi **user-defined**)  
**Nota:** con **T** identificatore di tipo, nel seguito indichiamo con **sizeof(T)** lo spazio (in byte) necessario per la memorizzazione di valori di tipo **T** (vedremo che **sizeof** è una funzione C).

## Tipi semplici built-in

- ▶ interi
- ▶ reali
- ▶ caratteri

Per ciascun tipo consideriamo i seguenti **aspetti**:

1. intervallo di definizione (se applicabile)
2. notazione (sintassi) per le costanti
3. operatori
4. predicati (operatori di confronto)
5. formati di ingresso/uscita

## Tipi interi: interi con segno

- ▶ 3 tipi:
  - `short`
  - `int`
  - `long`
- ▶ **Intervallo di definizione:** da  $-2^{n-1}$  a  $2^{n-1}-1$ , dove  $n$  dipende dal compilatore
- ▶ Vale:
  - `sizeof(short) ≤ sizeof(int) ≤ sizeof(long)`
  - `sizeof(short) ≥ 2` (ovvero, almeno 16 bit)
  - `sizeof(long) ≥ 4` (ovvero, almeno 32 bit)
- ▶ Compilatore `gcc`: `short`: 16 bit, `int`: 32 bit, `long`: 32 bit
- ▶ I valori limite sono contenuti nel file `limits.h`, che definisce le costanti:  
`SHRT_MIN`, `SHRT_MAX`, `INT_MIN`, `INT_MAX`, `LONG_MIN`,  
`LONG_MAX`



**Notazione per le costanti:** in decimale: 0, 10, -10, ...

- ▶ Per distinguere `long` (solo nel codice): `10L` (oppure `10l`, ma `l` sembra `1`).

**Operatori:** `+`, `-`, `*`, `/`, `%`, `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`

**N.B.:** l'operatore di uguaglianza si rappresenta con `==` (mentre `=` è utilizzato per il comando di assegnamento!)

**Ingresso/uscita:** tramite `printf` e `scanf`, con i seguenti specificatori di formato (dove `d` indica "decimale"):

`%hd` per `short`

`%d` per `int`

`%ld` per `long` (con `l` minuscola)

## Tipi interi: interi senza segno

- ▶ 3 tipi:

`unsigned short`

`unsigned int`

`unsigned long`

- ▶ **Intervallo di definizione:** da 0 a  $2^n-1$ , dove `n` dipende dal compilatore.

Il numero `n` di bit è lo stesso dei corrispondenti interi con segno.

- ▶ Le costanti definite in `limits.h` sono:

`USHRT_MAX`, `UINT_MAX`, `ULONG_MAX` (n.b. il minimo è sempre 0)

## Notazione per le costanti:

- ▶ decimale: come per interi con segno
  - ▶ esadecimale: `0xA`, `0x2F4B`, ...
  - ▶ ottale: `012`, `027513`, ...
- ▶ Nel codice si possono far seguire le cifre del numero dallo specificatore `u` (ad esempio `10u`).

**Ingresso/uscita:** tramite `printf` e `scanf`, con i seguenti specificatori di formato:

`%u` per numeri in decimale  
`%o` per numeri in ottale  
`%x` per numeri in esadecimale con cifre `0, ..., 9, a, ..., f`  
`%X` per numeri in esadecimale con cifre `0, ..., 9, A, ..., F`

Per interi `short` si antepone `h`  
`long` si antepone `l` (minuscola)

**Operatori:** tutte le operazioni vengono fatte modulo  $2^n$ .

## Caratteri

- ▶ Servono per rappresentare caratteri alfanumerici attraverso opportuni **codici**, tipicamente il codice **ASCII** (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange).
- ▶ Un codice associa ad ogni carattere un intero:

**Esempio:** Codice ASCII:

carattere:	<code>'0'</code>	...	<code>'9'</code>	<code>':'</code>	<code>','</code>	<code>'&lt;'</code>
intero (in decimale):	48	...	57	58	59	60

carattere:	<code>'a'</code>	...	<code>'z'</code>	<code>'{'</code>	<code>' '</code>	<code>'}'</code>
intero (in decimale):	97	...	122	123	124	125

carattere:	<code>'A'</code>	...	<code>'Z'</code>	<code>'['</code>	<code>'\'</code>	<code>']'</code>
intero (in decimale):	65	...	90	91	92	93

- ▶ In C i caratteri possono essere **usati come gli interi** (un carattere coincide con il codice che lo rappresenta).

**Intervallo di definizione:** dipende dal compilatore

- Vale: `sizeof(char) ≤ sizeof(int)`

Tipicamente i caratteri sono rappresentati con 8 bit.

**Operatori:** sono gli stessi di `int` (operazioni effettuate utilizzando il codice del carattere).

**Costanti:** `'A'`, `'#'`, ...

**Esempio:**

```
char x, y, z;
x = 'A';
y = '\n';
z = '#';
```

## Come non va usato il codice

- Confrontiamo:

<code>char x, y, z;</code>	<code>char x, y, z;</code>
<code>x = 'A';</code>	<code>x = 65; /* codice ASCII di 'A' */</code>
<code>y = '\n';</code>	<code>y = 10; /* codice ASCII di '\n' */</code>
<code>z = '#';</code>	<code>z = 35; /* codice ASCII di '#' */</code>

- Non è sbagliato, però è **pessimo stile** di programmazione.
- Non è detto che il codice dei caratteri sia quello ASCII.  
 ⇒ Il programma **non sarebbe portabile**.
- Vedremo presto un modo per sfruttare l'ordinamento tra caratteri molto utile.

**Ingresso/uscita:** tramite `printf` e `scanf`, con specificatore di formato `%c`

**Attenzione:** in ingresso non vengono saltati gli spazi bianchi e gli a capo

### Esempio:

```
int i, j;
printf("Immetti due interi\n");
scanf("%d%d", &i, &j);
printf("%d %d\n", i, j);
```

Immetti due interi  
> 18 25↵  
18 25

```
int i, j;
char c;
printf("Immetti due interi\n");
scanf("%d%c%d", &i, &c, &j);
printf("%d %d %d\n", i, c, j);
```

Immetti due interi  
> 18 25↵  
18 32 25

- ▶ **32** è il codice ASCII del carattere ' ' (spazio)

- ▶ Funzioni per la stampa e la lettura di un singolo carattere:

`putchar(c);` ... stampa il carattere memorizzato in `c`

`c = getchar();` ... legge un carattere e lo assegna alla variabile `c`

### Esempio:

```
char c;
putchar('A');
putchar('\n');
c = getchar();
putchar(c);
```

## Tipi reali

I reali vengono rappresentati in virgola mobile (floating point).

- ▶ 3 tipi:

`float`

`double`

`long double`

- ▶ **Intervallo di definizione:**

	sizeof	cifre significative	min esp.	max esp.
<code>float</code>	4	6	-37	38
<code>double</code>	8	15	-307	308
<code>long double</code>	12	18	-4931	4932

- ▶ Le grandezze precedenti dipendono dal compilatore e sono definite nel file `float.h`.
- ▶ Deve comunque valere la relazione:
 
$$\text{sizeof(float)} \leq \text{sizeof(double)} \leq \text{sizeof(long double)}$$

**Costanti:** con punto decimale o notazione esponenziale

**Esempio:**

```
double x, y, z, w;
```

```
x = 123.45;
```

```
y = 0.0034; /* oppure y = .0034 */
```

```
z = 34.5e+20; /* oppure z = 34.5E+20 */
```

```
w = 5.3e-12;
```

- ▶ Nei programmi, per denotare una costante di tipo
  - ▶ `float`, si può aggiungere `f` o `F` finale
    - Esempio:** `float x = 2.3e5f;`
  - ▶ `long double`, si può aggiungere `L` o `l` finale
    - Esempio:** `long double x = 2.34567e520L;`

**Operatori:** come per gli interi (tranne `"%"`)

**Ingresso/uscita:** tramite `printf` e `scanf`, con diversi specificatori di formato

Output con `printf` (per `float`):

- ▶ `%f` ... notazione in virgola fissa  
`%8.3f` ... 8 cifre complessive, di cui 3 cifre decimali

**Esempio:**

```
float x = 123.45;
printf("|%f| |%8.3f| |%-8.3f|\n", x, x, x);
```

```
|123.449997| | 123.450| |123.450 |
```

- ▶ `%e` (oppure `%E`) ... notazione esponenziale  
`%10.3e` ... 10 cifre complessive, di cui 3 cifre decimali

**Esempio:**

```
double x = 123.45;
printf("|%e| |%10.3e| |%-10.3e|\n", x, x, x);
```

```
|1.234500e+02| | 1.234e+02| |1.234e+02 |
```

Input con `scanf` (per `float`):

si può usare indifferentemente `%f` o `%e`.

Riassunto degli specificatori di formato per i tipi reali:

	float	double	long double
<code>printf</code>	<code>%f, %e</code>	<code>%f, %e</code>	<code>%Lf, %Le</code>
<code>scanf</code>	<code>%f, %e</code>	<code>%lf, %le</code>	<code>%Lf, %Le</code>

## Conversioni di tipo

### Situazioni in cui si hanno conversioni di tipo

- ▶ quando in un'espressione compaiono operandi di tipo diverso
- ▶ durante un'assegnamento  $x = y$ , quando il tipo di  $y$  è diverso da quello di  $x$
- ▶ esplicitamente, tramite l'operatore di **cast**
- ▶ nel passaggio dei parametri a funzione (più avanti)
- ▶ attraverso il valore di ritorno di una funzione (più avanti)

Una conversione può o meno coinvolgere un **cambiamento nella rappresentazione** del valore.

da `short` a `long` (dimensioni diverse)

da `int` a `float` (anche se stessa dimensione)

## Conversioni implicite tra operandi di tipo diverso nelle espressioni

Quando un'espressione del tipo  $x \text{ op } y$  coinvolge operandi di tipo diverso, avviene una conversione implicita secondo le seguenti regole:

1. ogni valore di tipo `char` o `short` viene convertito in `int`
2. se dopo il passo 1. l'espressione è ancora eterogenea si converte l'operando di tipo inferiore facendolo divenire di tipo superiore secondo la seguente gerarchia:

`int` → `long` → `float` → `double` → `long double`

**Esempio:** `int x; double y;`

Nel calcolo di  $(x+y)$ :

1. `x` viene convertito in `double`
2. viene effettuata la somma tra valori di tipo `double`
3. il risultato è di tipo `double`

## Conversioni nell' assegnamento

Si ha in  $x = \text{exp}$  quando i tipi di  $x$  e  $\text{exp}$  non coincidono.

- ▶ La conversione avviene **sempre** a favore del tipo della variabile a sinistra:

se si tratta di una **promozione** non si ha perdita di informazione

se si ha una **retrocessione** si può avere perdita di informazione

### Esempio:

```
int i;
float x = 2.3, y = 4.5;
i = x + y;
printf("%d", i); /* stampa 6 */
```

- ▶ Se la conversione non è possibile si ha errore.

## Conversioni esplicite (operatore di **cast**)

Sintassi: `(tipo) espressione`

- ▶ Converte il valore di `espressione` nel corrispondente valore del `tipo` specificato.

### Esempio:

```
int somma, n;
float media;
...
media = somma / n;           /* divisione tra interi */
media = (float)somma / n;   /* divisione tra reali */
```

- ▶ L'operatore di cast `"(tipo)"` ha precedenza più alta degli operatori binari e associa da destra a sinistra. Dunque

`(float) somma / n`

equivale a

`((float) somma) / n`



## Input/output

- ▶ Come già detto, input e output non sono parte integrante del C
- ▶ L'interazione con l'ambiente è demandato alla libreria standard  
⇒ un insieme di funzioni a uso dei programmi C
- ▶ La libreria `stdio.h` implementa un semplice **modello** di ingresso e uscita di dati testuali
- ▶ un testo è trattato come un successione (**stream**) di caratteri, ovvero  
⇒ una sequenza di caratteri organizzata in righe, ciascuna terminata da “\n”
- ▶ al momento dell'esecuzione, al programma vengono connessi automaticamente 3 stream:
  - ▶ **standard input**: di solito la tastiera
  - ▶ **standard output**: di solito lo schermo
  - ▶ **standard error**: di solito lo schermo

## Input/output (cont.)

- ▶ Compito della libreria è fare in modo che tutto il trattamento dei dati in ingresso e uscita si conformi a questo modello  
⇒ il programmatore non si deve preoccupare di come ciò sia effettivamente realizzato
- ▶ Ogni volta che si effettua una operazione di **lettura** attraverso `getchar` viene acquisito il **prossimo** carattere dallo standard input e viene restituito il suo valore  
(analogamente per `scanf` che comporta l'acquisizione di uno o più caratteri a seconda delle specifiche di formato presenti ...)
- ▶ Ogni volta che si effettua una operazione di scrittura (attraverso `putchar` o `printf`) tutti i valori coinvolti vengono convertiti in sequenze di caratteri e quest'ultime vengono accodate allo standard output.
- ▶ Tipicamente il sistema operativo consente di reindirizzare gli stream standard, ad esempio su uno o più file.

## Formattazione dell'output con `printf`

- ▶ Riepilogo specificatori di formato principali:
  - ▶ interi: `%d`, `%o`, `%u`, `%x`, `%X`  
per `short`: si antepone `h`  
per `long`: si antepone `l` (minuscola)
  - ▶ reali: `%e`, `%f`, `%g`  
per `double`: non si antepone nulla  
per `long double`: si antepone `L`
  - ▶ caratteri: `%c`
  - ▶ stringhe: `%s` (le vedremo più avanti)
  - ▶ puntatori: `%p` (li vedremo più avanti)
- ▶ Flag: messi subito dopo il `"%"`
  - ▶ `"-"`: allinea a sinistra
  - ▶ altri flag (non ci interessano)
- ▶ Sequenze di escape: `\%`, `\'`, `\"`, `\\`, `\a`, `\b`, `\n`, `\t`, ...

## Formattazione dell'input con `scanf`

- ▶ Specificatori di formato: come per l'output, tranne che per i reali
  - ▶ `double`: si antepone `l`
  - ▶ `long double`: si antepone `L`
- ▶ **Soppressione dell'input:** mettendo `"*"` subito dopo `"%"`  
**Non** ci deve essere un argomento corrispondente allo specificatore di formato.

**Esempio:** Lettura di una data in formato `gg/mm/aaaa` oppure `gg-mm-aaaa`.

```
int g, m, a;  
scanf("%d%c%d%c%d%c", &g, &m, &a);
```

## Espressioni booleane

- ▶ Come già sappiamo, il linguaggio deve consentire di descrivere espressioni **booleane** (guardie di condizionali e iterazione).

- ▶ In C non esiste un tipo Booleano  $\implies$  si usa il tipo **int** :

falso  $\iff$  0

vero  $\iff$  1 (in realtà qualsiasi valore diverso da 0)

**Esempio:** `2 > 3` ha valore 0 (ossia falso)

`5 > 3` ha valore 1 (ossia vero)

### ▶ Operatori relazionali del C

- ▶ `<`, `>`, `<=`, `>=` (minore, maggiore, minore o uguale, maggiore o uguale) — priorità alta
- ▶ `==`, `!=` (uguale, diverso) — priorità bassa

**Esempio:** `temperatura <= 0`      `velocita > velocita_max`

`voto == 30`      `anno != 2000`

## Operatori logici

- ▶ In ordine di priorità:
  - ▶ `!` (**negazione**) — priorità alta
  - ▶ `&&` (**congiunzione**)
  - ▶ `||` (**disgiunzione**) — priorità bassa

**Semantica:**

a	b	!a	a && b	a    b
0	0	1	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	1	0	1	1

0 ... falso

1 ... vero (qualsiasi valore  $\neq$  0)

**Esempio:**

`(a >= 10) && (a <= 20)`      vero (1) se  $10 \leq a \leq 20$

`(b <= -5) || (b >= 5)`      vero se  $|b| \geq 5$

- ▶ Le espressioni booleane vengono valutate **da sinistra a destra**:
  - ▶ con `&&`, appena uno degli operandi è falso, restituisce falso **senza valutare il secondo operando**
  - ▶ con `||`, appena uno degli operandi è vero, restituisce vero **senza valutare il secondo operando**
- ▶ **Priorità** tra operatori di diverso tipo:
  - ▶ not logico — priorità alta
  - ▶ aritmetici
  - ▶ relazionali
  - ▶ booleani (and e or logico) — priorità bassa

**Esempio:**

```
a+2 == 3*b || !trovato && c < a/3
è equivalente a
((a+2) == (3*b)) || ((!trovato) && (c < (a/3)))
```

## Come va usato il codice dei caratteri

**Esempio:**

```
char x, y, z;
x = 'a';
y = 'd';
```

- ▶ Posso valutare  $(x \leq y)$ .
- ▶ Cosa mi dice? Se  $x$  precede  $y$  nell'ordine alfabetico.

**Esempio:**

```
char ch1 = 'a';
char ch2 = 'c';
char ch3 = (char) ((ch1 + ch2)/2);
printf("%c", ch3);
```

- ▶ Cosa stampa? Stampa il carattere 'b'.

## Come va usato il codice dei caratteri

- ▶ Convertiamo una lettera minuscola in maiuscolo:

### Esempio:

```
char lower = 'k';
char upper = (char) (lower - 'a' + 'A');
printf("%c", upper);
```

- ▶ Convertiamo un carattere numerico (una cifra) nell'intero corrispondente:

### Esempio:

```
char ch1 = '9';
int num = ch1 - '0';
```

- ▶ Questi frammenti di programma sono **completamente portabili** (non dipendono dal codice usato per la rappresentazione dei caratteri).

## Istruzione if-else

### Sintassi:

```
if      (espressione)
    istruzione1
else   istruzione2
```

- ▶ `espressione` è un'**espressione booleana**
- ▶ `istruzione1` rappresenta il **ramo then** (deve essere un'unica istruzione)
- ▶ `istruzione2` rappresenta il **ramo else** (deve essere un'unica istruzione)

### Semantica:

1. viene prima valutata `espressione`
2. se `espressione` è vera viene eseguita `istruzione1` altrimenti (ovvero se `espressione` è falsa) viene eseguita `istruzione2`

```
int temperatura;
```

```
printf("Quanti gradi ci sono? "); scanf("%d", &temperatura);
if (temperatura >= 25)
    printf("Fa caldo\n");
else
    printf("Si sta bene\n");

printf("Arrivederci\n");
```

```
=> Quanti gradi ci sono? 30 ←
Fa caldo
Arrivederci
=>
```

```
=> Quanti gradi ci sono? 18 ←
Si sta bene
Arrivederci
=>
```

## Istruzione if

- ▶ È un'istruzione **if-else** in cui manca la parte **else**.

### Sintassi:

```
if (espressione)
    istruzione
```

### Semantica:

1. viene prima valutata **espressione**
2. se **espressione** è vera viene eseguita **istruzione** altrimenti non si fa alcunché

### Esempio:

```
int temperatura;
scanf("%d", &temperatura);
if (temperatura >= 25)
    printf("Fa caldo\n");
printf("Arrivederci\n");
```

```
=> 18 ←
Arrivederci
```

```
=> 30 ←
Fa caldo
Arrivederci
```

## Blocco

- ▶ La sintassi di **if-else** consente di avere un'unica istruzione nel ramo **then** (o nel ramo **else**).
- ▶ Se in un ramo vogliamo eseguire più istruzioni dobbiamo usare un **blocco**.

### Sintassi:

```
{  
    istruzione-1  
    ...  
    istruzione-n  
}
```

- ▶ Come già sappiamo e come rivedremo più avanti, un blocco può contenere anche **dichiarazioni**.

**Esempio:** Dati mese ed anno, calcolare mese ed anno del mese successivo.

```
int mese, anno, mesesucc, annosucc;
```

```
if (mese == 12)  
{  
    mesesucc = 1;  
    annosucc = anno + 1;  
}  
else  
{  
    mesesucc = mese + 1;  
    annosucc = anno;  
}
```

## If annidati (in cascata)

- ▶ Si hanno quando l'istruzione del ramo then o else è un'istruzione **if** o **if-else**.

**Esempio:** Data una temperatura, stampare un messaggio secondo la seguente tabella:

temperatura $t$	messaggio
$30 < t$	Molto caldo
$20 < t \leq 30$	Caldo
$10 < t \leq 20$	Gradevole
$0 < t \leq 10$	Freddo
$t \leq 0$	Molto freddo

```

if (temperatura > 30)
    printf("Molto caldo\n");
else if (temperatura > 20)
    printf("Caldo\n");
else if (temperatura > 10)
    printf("Gradevole\n");
else if (temperatura > 0)
    printf("Freddo\n");
else
    printf("Molto freddo\n");

```

### Osservazioni:

- ▶ si tratta di un'unica istruzione **if-else**

```

if (temperatura > 30)
    printf("Molto caldo\n");
else ...

```

- ▶ non serve che la seconda condizione sia composta
 

```

if (temperatura > 30) printf("Molto caldo\n");
else /* il valore di temperatura e' <= 30 */
    if (temperatura > 20)

```

Non c'è bisogno di una congiunzione del tipo

```

(t <= 30) && (t > 20)

```

(analogamente per gli altri casi).

- ▶ **Attenzione:** il seguente codice

```

if (temperatura > 30) printf("Molto caldo\n");
if (temperatura > 20) printf("Caldo\n");

```

ha ben altro significato (quale?)



## Ambiguità dell'else

```
if (a >= 0) if (b >= 0) printf("b positivo");
else printf("???");
```

- ▶ `printf("???")` può essere la parte **else**
  - ▶ del primo **if**  $\implies$  `printf("a negativo");`
  - ▶ del secondo **if**  $\implies$  `printf("b negativo");`
- ▶ L'ambiguità sintattica si risolve considerando che un **else** fa sempre riferimento all'**if** più vicino, dunque

```
if (a > 0)
  if (b > 0)
    printf("b positivo");
  else
    printf("b negativo");
```

- ▶ Perché un **else** si riferisca ad un **if** precedente, bisogna inserire quest'ultimo in un blocco

```
if (a > 0)
  { if (b > 0) printf("b positivo"); }
else
  printf("a negativo");
```

## Esercizio

Leggere un reale e stampare un messaggio secondo la seguente tabella:

gradi alcolici g	messaggio
$40 < g$	superalcolico
$20 < g \leq 40$	alcolico
$15 < g \leq 20$	vino liquoroso
$12 < g \leq 15$	vino forte
$10.5 < g \leq 12$	vino normale
$g \leq 10.5$	vino leggero

**Esempio:** Dati tre valori che rappresentano le lunghezze dei lati di un triangolo, stabilire se si tratti di un triangolo equilatero, isoscele o scaleno.

**Algoritmo:** determina tipo di triangolo  
leggi i tre lati  
confronta i lati a coppie, fin quando non  
hai raccolto una quantità di informazioni  
sufficiente a prendere la decisione  
stampa il risultato

```
main() {
float primo, secondo, terzo;

printf("Lunghezze lati triangolo ? ");
scanf("%f%f%f", &primo, &secondo, &terzo);

if (primo == secondo) {
    if (secondo == terzo)
        printf("Equilatero\n");
    else
        printf("Isoscele\n");
}
else {
    if (secondo == terzo)
        printf("Isoscele\n");
    else if (primo == terzo)
        printf("Isoscele\n");
    else
        printf("Scaleno\n");
}
```

## Esercizio

Risolvere il problema del triangolo utilizzando il seguente algoritmo:

```
Algoritmo:  determina tipo di triangolo con conteggio
leggi i tre lati
confronta i lati a coppie contando
  quante coppie sono uguali
if le coppie uguali sono 0
  è scaleno
else if le coppie uguali sono 1
  è isoscele
  else è equilatero
```

## Istruzione **switch**

- Può essere usata per realizzare una **selezione a più vie**.

### Sintassi:

```
switch (espressione) {
  case valore-1:  istruzioni-1
                 break;
  ...
  case valore-n:  istruzioni-n
                 break;
  default :      istruzioni-default
}
```

### Semantica:

1. viene valutata **espressione**
2. viene cercato il primo **i** per cui il valore di **espressione** è uguale a **valore-i**
3. se si trova tale **i**, allora vengono eseguite **istruzioni-i** altrimenti vengono eseguite **istruzioni-default**

**Esempio:**

```
int giorno;
...
switch (giorno) {
    case 1: printf("Lunedì'\n");
            break;
    case 2: printf("Martedì'\n");
            break;
    case 3: printf("Mercoledì'\n");
            break;
    case 4: printf("Giovedì'\n");
            break;
    case 5: printf("Venerdì'\n");
            break;
    default : printf("Week end\n");
}
}
```

- ▶ Se abbiamo più valori a cui corrispondono le stesse istruzioni, possiamo raggrupparli come segue:

```
case valore-1: case valore-2:
                istruzioni
            break;
```

**Esempio:**

```
int giorno;
...
switch (giorno) {
    case 1:
    case 2:
    case 3:
    case 4:
    case 5: printf("Giorno lavorativo\n");
            break;
    case 6:
    case 7: printf("Week end\n");
            break;
    default : printf("Giorno non valido\n");
}
}
```

## Osservazioni sull'istruzione `switch`

- ▶ L'**espressione** usata per la selezione può essere una qualsiasi espressione C che restituisce un valore **intero**.
- ▶ I valori specificati nei vari **case** devono invece essere **costanti** (o meglio valori noti a tempo di compilazione). In particolare, **non** possono essere espressioni in cui compaiono **variabili**.

**Esempio:** Il seguente frammento di codice è sbagliato:

```
int a;
switch (a) {
    case a<0: printf("negativo\n");
              /* ERRORE: a<0 non e' una costante*/
    case 0:   printf("nullo\n");
    case a>0: printf("positivo\n");
              /* ERRORE: a>0 non e' una costante*/
}
```

- ▶ In realtà il C non richiede che nei **case** di un'istruzione **switch** l'ultima istruzione sia **break**.

Quindi, in generale la **sintassi** di un'istruzione **switch** è:

```
switch (espressione) {
    case valore-1: istruzioni-1
    ...
    case valore-n: istruzioni-n
    default : istruzioni-default
}
```

### Semantica:

1. viene prima valutata **espressione**
2. viene cercato il primo **i** per cui il valore di **espressione** è pari a **valore-i**
3. se si trova tale **i**, allora si eseguono in sequenza **istruzioni-i**, **istruzioni-(i+1)**, ..., fino a quando non si incontra **break** o è terminata l'istruzione **switch**, altrimenti vengono eseguite **istruzioni-default**

**Esempio:** più **case** di uno **switch** eseguiti in sequenza (corretto)

```
int lati;
printf("Immetti il massimo numero di lati del poligono (al piu' 6): ");
scanf("%d", &lati);
printf("Poligoni con al piu' %d lati: ", lati);

switch (lati) {
    case 6: printf("esagono, ");
    case 5: printf("pentagono, ");
    case 4: printf("rettangolo, ");
    case 3: printf("triangolo\n");
            break;
    case 2: case 1: printf("nessuno\n");
            break;
    default : printf("\nErrore: valore immesso > 6.\n");
}

```

- ▶ N.B. Quando si omettono i **break**, diventa rilevante l'**ordine** in cui vengono scritti i vari **case** . Questo può essere facile causa di errori. **È buona norma mettere break come ultima istruzione di ogni case**

**Esempio:** più **case** di uno **switch** eseguiti in sequenza (scorretto)

```
int b;
printf("Immetti un numero tra 1 e 6: ");
scanf("%d", &b);

switch (b) {
    case 1: case 2: case 3: case 5: printf("Numero primo\n");
    case 4: case 6:                printf("Numero non primo\n");
    default :                       printf("Valore non valido!\n");
}

```

=> 3 ←

Numero primo  
Numero non primo  
Valore non valido!

=>

=> 4 ←

Numero non primo  
Valore non valido!

=>