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**
  $\Longrightarrow$ 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
  $\Longrightarrow$ 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 $\Longrightarrow$ 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 $\hookleftarrow$ il tasto Invio).

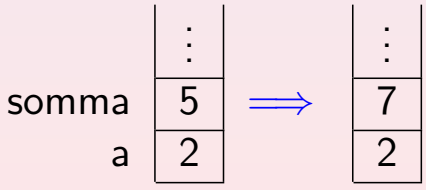
```
Immetti base del rettangolo e premi INVIO
5 ↩
Immetti altezza del rettangolo e premi INVIO
4 ↩
Area: 20
```


Assegnamento

- Ricordiamo che l'esecuzione di `x = exp` corrisponde a:
  1. valutare il valore dell'espressione `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

  $\Longrightarrow$ 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 $\Longrightarrow$ 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 `{..., -2, -1, 0, 1, 2, ...}` 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)` $\leq$ `sizeof(int)` $\leq$ `sizeof(long)`
  `sizeof(short)` $\geq$ 2 (ovvero, almeno 16 bit)
  `sizeof(long)` $\geq$ 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 (American Standard Code for Information Interchange).
- Un codice associa ad ogni carattere un intero:
  Esempio: Codice ASCII:

carattere:	'0'	···	'9'	':'	';'	'<'
intero (in decimale):	48	···	57	58	59	60

carattere:	'a'	···	'z'	'{'	'|'	'}'
intero (in decimale):	97	···	122	123	124	125

carattere:	'A'	···	'Z'	'['	'\'	']'
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)` $\leq$ `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:

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

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

- Non è sbagliato, però è pessimo stile di programmazione.
- Non è detto che il codice dei caratteri sia quello ASCII.
  $\Longrightarrow$ 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: vengono letti tutti i caratteri, anche se a volte alcuni sono scartati.

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);
```