

# Tipi elementari

Stefano Ferrari

Università degli Studi di Milano  
stefano.ferrari@unimi.it

## Programmazione

anno accademico 2017–2018

## Tipi di dato

Ogni **variabile** (e ogni **costante**) è associata a un **tipo**, che indica

- ▶ l'**insieme dei valori che può assumere** (se variabile)
- ▶ il **formato binario** del valore
- ▶ lo **spazio occupato in memoria** dal valore
- ▶ le **operazioni che si possono compiere** con essa e **come compierle**

Per ogni variabile occorre una **dichiarazione** all'inizio del blocco

*tipo nome ;*

Esempi: `int i, j; char c; float r, s;`

La **dichiarazione è un'istruzione** (termina con `;`): indica al processore di

- ▶ **riservare al dato lo spazio in memoria corretto**
- ▶ **aggiungere il nome e l'indirizzo del dato alla tabella dei simboli**

## Tipi di dato (2)

I tipi di dato si distinguono in

- ▶ **tipi semplici**: rappresentano informazioni composte da **un solo valore** (un voto, una temperatura, un prezzo, un mese)
- ▶ **tipi strutturati**: rappresentano informazioni composte dall'**insieme di più valori concettualmente legati** (i risultati di un esame, le misure di una stazione meteorologica, un listino prezzi, una data)

Inoltre, dato un linguaggio di programmazione, vi sono

- ▶ **tipi predefiniti** forniti dal **linguaggio stesso**
- ▶ **tipi definiti dall'utente** con opportuni costrutti

## Tipi predefiniti

Il C fornisce

- ▶ tre tipi di **numeri interi**: **short**, **int** e **long**
- ▶ tre tipi di **numeri naturali**: **unsigned short**, **unsigned int** e **unsigned long**
- ▶ tre tipi di **numeri reali**: **float**, **double** e **long double**
- ▶ tre tipi di **caratteri**: **char**, **signed char** e **unsigned char** (ignoreremo gli ultimi due)

Tutti questi tipi differiscono per l'**intervallo di definizione**

- ▶ che dipende da:
  - ▶ compilatore
  - ▶ opzioni del compilatore
  - ▶ sistema operativo
  - ▶ processore

Si noti che **tutti descrivono insiemi finiti**

## Numeri interi

I numeri interi assumono valori interi compresi fra  $-2^{n-1}$  e  $2^{n-1} - 1$

- ▶  $n$  è il numero di bit occupati in memoria
- ▶  $n$  va crescendo da short a int a long
- ▶  $n$  dipende dal compilatore e dal processore
- ▶ costanti simboliche per gli estremi sono definite in `limits.h`

I valori tipici per  $n$  sono potenze di 2; attualmente il gcc pone

- ▶ per il tipo short,  $n = 16$ : da  $-32\,768$  a  $32\,767$
- ▶ per il tipo int,  $n = 32$ : da  $-2\,147\,483\,648$  a  $2\,147\,483\,647$
- ▶ per il tipo long,  $n = 32$ : da  $-2\,147\,483\,648$  a  $2\,147\,483\,647$

## Numeri naturali

Assumono valori compresi fra 0 e  $2^n - 1$

- ▶  $n$  è il numero di bit occupati in memoria
- ▶  $n$  va crescendo da unsigned short a unsigned int a unsigned long
- ▶  $n$  è identico al valore del corrispondente tipo intero
- ▶  $n$  dipende dal compilatore e dal processore
- ▶ costanti simboliche per gli estremi sono definite in `limits.h`

Attualmente il gcc pone

- ▶ per il tipo unsigned short,  $n = 16$ : da 0 a 65 535
- ▶ per il tipo unsigned int,  $n = 32$ : da 0 a 4 294 967 295
- ▶ per il tipo unsigned long,  $n = 32$ : da 0 a 4 294 967 295

## Numeri reali

Non sono veramente numeri reali, ma razionali, perché occupano uno spazio finito; quindi hanno

- ▶ un intervallo di definizione
- ▶ un margine di precisione: un intervallo reale è rappresentato da un singolo valore

Intervallo e margine dipendono dal numero di bit  $n$  usato

- ▶  $n$  va crescendo da float a double a long double
- ▶  $n$  dipende dal compilatore e dal processore
- ▶ costanti simboliche per intervallo e margine sono definite in `float.h`

## Caratteri

L'insieme dei caratteri disponibili dipende dal processore

- ▶ lo standard ASCII ne comprende 128
- ▶ lo standard Latin-1 li estende a 256 (cioè  $2^n$  con  $n = 8$ )

I caratteri sono un insieme ordinato

- ▶ costanti simboliche per gli estremi sono definite in `limits.h`
- ▶ si possono applicare gli operatori relazionali  $<$ ,  $<=$ , ecc...
- ▶ si possono incrementare e decrementare e si possono sommare e sottrarre numeri interi ai caratteri:

Esempi:

```
i = 'f'; i++;                (ora i vale 'g')  
i = 'f'; i -= 4;             (ora i vale 'b')
```

## Costanti

Il tipo di una costante è definito implicitamente dalla sua forma

- ▶ è composta solo da cifre: **numero intero**
- ▶ comincia con 0x seguita da cifre o lettere comprese fra A e F: **numero intero esadecimale**
- ▶ comincia con una cifra e contiene un punto: **numero reale**
- ▶ comincia con una cifra e contiene una E: **numero reale** in notazione esponenziale

$nEe$  significa  $n * 10^e$

Esempi: 5.734E+2 vale 573.4

57.34E-2 vale 0.5734

- ▶ è racchiusa fra apici: **carattere**

## Costanti (2)

È bene esplicitare il tipo delle costanti a vantaggio del lettore umano

- ▶ aggiungendo **L** in coda alle costanti di **tipo long**:  
100 000L anziché 100 000
- ▶ aggiungendo **U** in coda alle costanti di **tipo unsigned**:  
100 000U o 100 000UL anziché 100 000
- ▶ aggiungendo **un punto (.)** alle costanti di **tipo double**:  
100 000.0 anziché 100 000 (per motivi storici, le costanti reali sono double, se non altrimenti indicato)
- ▶ aggiungendo una **f** alle costanti di **tipo float**:  
100 000f anziché 100 000.0

Questo consente anche di forzare un tipo diverso da quello assegnato implicitamente: 1L diventa di tipo long, mentre 1 sarebbe int

## Sequenze di *escape*

Vi sono caratteri che non si possono stampare direttamente

- ▶ perché non hanno una forma visibile (a capo, . . .)
- ▶ perché sono usati per altri scopi (virgolette, apici, . . .)

Si rappresentano con un carattere preceduto da \

Carattere	Sequenza	Carattere	Sequenza
A capo	\n	Virgolette	\"
Tabulazione	\t	Apice	\'
Backspace	\b	Barra	\\

## Situazioni di errore

*Overflow* è l'uscita del valore di un'espressione dall'intervallo associato al tipo; in caso di *overflow*, l'esecuzione continua:

- ▶ con valori indefiniti per i tipi interi e reali
- ▶ in aritmetica modulo  $2^n$  per i tipi naturali

Si possono avere risultati sbagliati senza segnalazioni di errore!

A causa del margine di precisione limitato

- ▶ due numeri reali diversi possono risultare identici
- ▶ due numeri reali identici possono risultare diversi  
(ad es.,  $(a + b) \neq (b + a)$ )

Quindi, non si deve scrivere `if (r == s)`,

ma `if ((-EPSILON <= r - s) && (r - s <= EPSILON))`

(avendo definito un opportuno valore di EPSILON)

## Conversioni di tipo

Ogni operazione richiede che gli operandi siano tutti dello stesso tipo

Però è utile avere **espressioni miste**, cioè **con operandi di tipo diverso**

Il C le gestisce con

- ▶ **regole implicite di conversione**
- ▶ **operatori espliciti di conversione**

La conversione implicita avviene quando

1. un'**espressione composta** ha operandi di tipo diverso
2. un **assegnamento** ha il lato destro di tipo diverso dal lato sinistro
3. una **chiamata a funzione** ha argomenti di tipo diverso dai parametri corrispondenti
4. un'istruzione **return** è seguita da un'espressione di tipo diverso dal risultato della funzione

## Conversioni di espressioni composte

Quando un'espressione composta da operandi misti:

1. gli **operandi di tipo char** si convertono in tipo **int**
2. se gli **operandi** sono **tutti interi o naturali** oppure **tutti reali**, si converte il tipo più "limitato" nel tipo più "ampio"

`int → unsigned int → long → unsigned long`

`float → double → long double`

3. se **almeno un operando** è **reale**, si convertono tutti in reali

## Conversioni negli assegnamenti

*variabile = espressione;*

Si converte il valore dell'espressione nel tipo della variabile

- ▶ se il tipo della variabile è più "ampio": si converte banalmente
- ▶ se il tipo della variabile è più "limitato":
  - ▶ valore intero e variabile intera di tipo inferiore o carattere: se il valore rispetta l'intervallo, si converte; altrimenti, diventa indefinito
  - ▶ valore reale e variabile reale di tipo inferiore: se il valore rispetta l'intervallo, si approssima; altrimenti, diventa indefinito
  - ▶ valore reale e variabile intera: si tronca il valore alla parte intera

## Osservazioni

- ▶ Si possono rappresentare piccoli interi con caratteri per risparmiare memoria (in casi critici!)
- ▶ È pericoloso mescolare interi e naturali: il risultato potrebbe essere di entrambi i tipi
- ▶ Bisogna badare bene alle precedenze fra operatori: il risultato può essere diverso da quello atteso



## Conversioni esplicite

*(tipo) espressione;*

L'operatore di *cast* () converte il valore dell'espressione nel tipo

- ▶ per superare le regole di conversione implicite
- ▶ per esplicitare le conversioni non banali

È un **operatore unario** ad **alta priorità**

Dati: int a, b; double r;

r = a/b;                      calcola la divisione troncata e la converte in double

r = (double) a/b; converte prima a, poi b e calcola la divisione esatta

r = a/(double) b; converte prima b, poi a e calcola la divisione esatta

r = (double) a/(double) b;                      converte prima a, poi b e  
calcola la divisione esatta

## Conversioni esplicite (2)

Dati: long i; short j;

- ▶ i = j \* j;
  1. calcola il prodotto short in aritmetica modulare
  2. lo converte in long e lo assegna ad i
- ▶ i = (long) j \* j;
  1. converte il primo j in long a causa del cast
  2. converte il secondo j in long implicitamente
  3. calcola il prodotto long e lo assegna ad i
- ▶ i = (long) (j \* j);
  1. calcola il prodotto short in aritmetica modulare
  2. lo converte in long a causa del cast
  3. lo assegna ad i

## Tipi definiti da utente

*typedef tipo\_esistente tipo\_nuovo;*

In C si può **dare un nuovo nome ai tipi di dato esistenti** (predefiniti o definiti in precedenza dall'utente)

- ▶ per **rendere più chiaro il significato del dato**
- ▶ per **facilitare modifiche successive** al codice

	I dati di questo tipo...
typedef int anno;	...sono interi che rappresentano anni
anno a; a = 2010;	
typedef int boolean;	...assumeranno solo valori logici
boolean b; b = TRUE;	
typedef anno annobisestile;	...rappresentano anni bisestili
annobisestile ab; ab = 2000;	

## Tipi definiti da utente (2)

La definizione di tipo

- ▶ **se inserita nella parte dichiarativa di un blocco**  
**vale solo nel blocco cui appartiene**
- ▶ **se inserita fra le direttive e i prototipi vale per l'intero file**  
**(dichiarazioni globali)**

**La definizione di tipo** termina con **;** perché **è un'istruzione:**  
**aggiunge un nuovo nome alla tabella dei tipi di dato**

## Tipi enumerativi

**Tipo enumerativo** è un tipo definito da utente con un numero finito di valori, esplicitamente enumerati nella dichiarazione

Tipicamente, serve a definire **valori simbolici**

Una variabile di tipo enumerativo si dichiara specificando

- ▶ l'**elenco dei valori** possibili
- ▶ il **nome** della variabile

```
enum { valore1, valore2, ... } variabile;
```

Esempio: `enum { PICCHE, CUORI, QUADRI, FIORI } s;`

È la solita struttura "*tipo variabile;*", ma il *tipo* è composto da più parole

## Enumerazioni e interi

Il C tratta le espressioni di tipo enumerativo come interi, cioè assegna agli elementi del tipo i valori 0, 1, ...

```
enum { PICCHE, CUORI, QUADRI, FIORI } s1, s2;
```

equivale a

```
#define PICCHE 0
#define CUORI 1
#define QUADRI 2
#define FIORI 3
int s1, s2;
```

salvo che

- ▶ il precompilatore non sostituisce le costanti coi loro valori
- ▶ i **valori simbolici sono locali al blocco che li dichiara**

## Enumerazioni e interi (2)

Si possono **assegnare esplicitamente i valori alle costanti**

```
enum { costante1 = valore1, costante2 = valore2, ... } variabile;
```

Ad esempio: `enum { TRUE = 1, FALSE = 0 } b;`

- ▶ **enumerativi e interi si convertono** banalmente gli uni negli altri
- ▶ si possono **applicare gli operatori interi ai tipi enumerativi**
- ▶ si possono **usare i valori enumerativi come indici**
  - ▶ nei cicli
  - ▶ nei vettori
  - ▶ nel costrutto `switch`

Ovviamente, questo comporta un **rischio di overflow non segnalati**

## Dichiarazione di tipi enumerativi

Ripetere una dichiarazione di tipo enumerativo per ogni variabile

```
enum { FALSE, TRUE } b1;
```

```
enum { FALSE, TRUE } b2;
```

...

è poco chiaro e poco compatto

Vogliamo dare un **nome simbolico** al tipo (per es., `boolean`) e separare

- ▶ **la dichiarazione della variabile** (`b1, b2, ...`)
- ▶ **dalla dichiarazione del tipo** (`boolean`)

Si può fare in due modi:

1. con l'**istruzione typedef**

```
typedef enum { FALSE, TRUE } boolean;  
boolean b;
```

2. con i **tag di enumerazione**

```
enum boolean { FALSE, TRUE };  
enum boolean b;
```

## L'operatore sizeof

`sizeof( tipo );`      `sizeof( espressione );`

Il valore dell'espressione `sizeof(...)` è lo spazio occupato

- ▶ da oggetti del tipo *tipo*
- ▶ dall'espressione *espressione*

Il valore è di tipo `size_t` (numero naturale)

Di solito viene usato solo per allocare memoria dinamica  
(tema di una lezione successiva)