

Tipi di dato

Tipi di dato in C

Ogni variabile in C ha associato un tipo, questo permette di:

- Riservare memoria per la codifica dei valori che può assumere
- Rilevare errori legati all'uso di operatori non definiti per quel tipo (es sommare due stringhe)
- Interpretare in modo corretto il suo contenuto

Introduciamo adesso le caratteristiche fondamentali dei tipi C e i dettagli dei vari tipi

Tipi di dato in C

- Per **tipo di dato** si intende un insieme di **valori** ed un insieme di **operazioni** che possono essere applicate su essi

Es: I numeri interi $\{ \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots \}$ e le usuali operazioni aritmetiche (somma, sottrazione, . . .) sono un tipo di dato

- Ogni tipo di dato ha una propria **rappresentazione** in memoria (codifica binaria) che utilizza un certo numero di celle

Tipi in C

- I tipi C si dividono in due gruppi:
- **Tipi semplici**: per rappresentare semplici informazioni numeriche
 - Esempio: una temperatura, una misura, una velocità, ecc.
 - In C anche i valori vero/falso sono rappresentati come interi (falso = 0, vero \neq 0)
- **Tipi strutturati**: per rappresentare informazioni costituite dall'aggregazione di varie componenti
 - Esempio: una data, una matrice, una fattura, ecc.

Tipi in C

- I **tipi strutturati** sono costituiti da aggregazioni di tipi semplici o di altri tipi strutturati
 - Es: un valore di tipo **data** e 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**)

Tipi semplici in C

- **Builtin**
 - **Interi**: `short int`, `int`, `long int`,
`unsigned` | `signed` ...
 - **Caratteri**: `char`, `unsigned char`
 - **Reali**: `float`, `double`, `long double`
- **User defined**:
 - tipi enumerati (`enum`)
 - tipi union
 - campi di bit

Gli interi

- Due tipi di interi: con segno (signed) e senza segno (unsigned)
- Descriviamo prima i 3 con segno:
 - `short` (0 `short int`, `signed short int`)
 - `int`, `signed int`
 - `long` (0 `long int`, `signed long int`)

La funzione `sizeof()`

- dà la dimensione in byte di una variabile o di un tipo
- Usiamola per capire le dimensioni in byte dei diversi tipi interi signed
- Restituisce un valore **long unsigned**
 - Segnaposto `%lu`

Stampare le dimensioni dei tipi ...

```
#include <stdio.h>

int main(void) {

    printf("short è lungo %lu.\n", sizeof(short));
    printf("short int è lungo %lu.\n", sizeof(short int));
    printf("signed short è lungo %lu.\n", sizeof(signed
short));
    printf("int è lungo %lu.\n", sizeof(int));
    printf("signed int è lungo %lu.\n", sizeof(signed
int));
    printf("long è lungo %lu.\n", sizeof(long));
    printf("long int è lungo %lu.\n", sizeof(long int));
    printf("signed long è lungo %lu.\n", sizeof(signed
long));

    return 0;
}
```

Cosa otteniamo....

Compileremo ed eseguiremo il codice in laboratorio. In questo modo:

- Sapremo quanti byte occupano i vari tipi
- Verificheremo che alcune diciture sono equivalenti
- Verificheremo che lo standard sia rispettato cioè che la lunghezza dipende dal compilatore, ma è sempre vero che:

`sizeof(short) ≤ sizeof(int) ≤ sizeof(long)`

Gli interi con segno

- Se n è il numero di bit su cui sono rappresentati (dipende dal compilatore)
 - Possono contenere tutti gli interi nell'intervallo $(-2^{n-1}, 2^{n-1}-1)$
- 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**

Gli interi con segno

Costanti: in decimale: 0, 10, -10, ...

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

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

Placeholder per printf scanf

%hd per short

%d per int

%ld per long (**l** minuscola)

Gli interi senza segno

- Sono i seguenti
 - `unsigned short` (`0 unsigned short int`)
 - `unsigned`, `unsigned int`,
 - `unsigned long` (`0 unsigned long int`)
- Si può modificare il programma precedente che usa `sizeof()` per vedere le dimensioni

Gli interi senza segno

- Se n è il numero di bit su cui sono rappresentati (dipende dal compilatore)
 - Possono contenere tutti gli interi nell'intervallo $(0, 2^n - 1)$
- I valori limite sono contenuti nel file **limits.h**, che definisce le costanti:
USHRT_MAX, UINT_MAX, ULONG_MAX

Gli interi senza segno

Costanti: tre tipi diversi

- decimale: 0,1,...10,
- esadecimale: 0xA, 0x2F4B, . . .
- ottale: 012, 027513,

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

Come gli altri interi

Gli interi senza segno

Placeholder per printf scanf

%u in decimale

%o in ottale

%x esadecimale minuscolo con cifre 0, . . . , 9, a, . . . , f

%X esadecimale maiuscolo 0, . . . , 9, A, . . . , F

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

Esempio: stampa ottale ed esadecimale

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    unsigned x = 210;
    printf("decimale %u.\n", x);
    printf("ottale %o.\n", x);
    printf("esadecimale %x.\n", x);
    return 0;
}
```

Caratteri

- Rappresentati su un singolo byte
- Rappresentano caratteri alfanumerici attraverso il codice ASCII (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange)
- Esempi di valori:

carattere	'0'	...	'9'	':'	';'	'<'
Val. decimale	48		57	58	59	60
carattere	'a'	...	'z'	'{'	' '	'}'
Val. decimale	97	...	122	123	124	125
carattere	'A'	...	'Z'			
Val. decimale	65	...	90			

Caratteri

- Sono degli interi a tutti gli effetti
 - Rappresentati su un byte
 - Possono essere **signed** ed **unsigned**
 - Si possono usare come caratteri o esattamente come interi
- Possono essere stampati con placeholder
 - **%c** stampa il carattere o
 - **%d** o **%u** come interi

Esempio: stampa ASCII maiuscole

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    char a;
    for ( a = 'A' ; a <= 'Z' ; a++)
        printf("lettera %c codice %d.\n", a, a);
    return 0
}
```

Funzioni stampa/lettura caratteri

- **stdio.h** fornisce due funzioni specifiche per i caratteri
 - **c = getchar()** elegge un nuovo carattere dallo standard input e lo restituisce come valore (assegnato a **c**)
 - **putchar(c)** stampa **c** come carattere sullo standard output

Reali

- Rappresentati in virgola mobile
 - `float`, `double`, `long double` ..
- I limiti specifici della rappresentazione si trovano nel file `float.h`
 - Es : `FLT_MAX` e `FLT_MIN` sono il massimo e minimo rappresentabile del tipo `float`, `FLT_MANT_DIG` da il numero di cifre della mantissa etc...
 - Le costanti nel file moltissime e specificano anche il tipo di arrotondamento usato nelle varie operazioni
- La rappresentazione dipende dall'implementazione ma anche per i reali deve valere
$$\text{sizeof}(\text{float}) \leq \text{sizeof}(\text{double}) \leq \text{sizeof}(\text{long double})$$

Reali

- Le costanti si possono esprimere in due modi: con il classico punto e con la notazione esponenziale :

```
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;
```

- Gli operatori sono gli stessi degli interi (tranne %)

Reali

- Stampa con `printf()` si hanno più opzioni

- Virgola fissa

```
float x = 123.45;
```

```
/* uso valori di cifre predefiniti */
```

```
printf("%f", x); /* stampa 123.4499997 */
```

```
/* uso 8 cifre di cui 3 decimali */
```

```
printf("%8.3f", x); /* stampa 123.450 */
```

- Esponenziale

```
float x = 123.45;
```

```
/* uso valori di cifre predefiniti */
```

```
printf("%e", x); /* stampa 1.234500e+02 */
```

```
/* uso 8 cifre di cui 3 decimali */
```

```
printf("%10.3e", x); /* stampa 1.234e+02 */
```


Reali

- Riassunto specificatori

	float	double	long double
printf()	%f %e	%f %e	%Lf %Le
scanf()	%f %e	%lf %le	%Lf %Le

La libreria matematica

- Libreria matematica (**libm**) fornisce tutte le più comuni operazioni matematiche per operare sui reali

- es. `sqrt()`, `ceil()`, `tanh()`, `pow()`, ...

- per utilizzarla includere il file

- `#include <math.h>`

- compilare con

- `gcc -lm`

- che richiede il collegamento del codice relativo alle funzioni di libreria

La libreria matematica

- Permette di verificare varie anomalie nelle computazioni con i reali
 - È possibile capire se si tratta di un infinito o di un numero vero
 - `fpclassify()`, `isinf()`, `isnan()`...
 - Possiamo utilizzarle quando non siamo sicuri
 - Per capire se il risultato di una operazione è ancora un numero reale rappresentato correttamente
 - Per verificare se si è verificato un overflow/errore di cancellazione....
 - Le sperimenteremo in laboratorio

Conversioni di tipo

- Ci sono situazioni in cui si hanno conversioni di tipo:
 - *Conversione implicita degli operandi*: quando in un'espressione compaiono operandi di tipo diverso, ad esempio

```
double x = 123.45; int s=4;
x = x / s;
```

s viene prima convertito (implicitamente) a **double** ed applicata la divisione fra **double**
 - *Conversione implicita durante un'assegnamento* **x = y**, quando il tipo di **y** è diverso da quello di **x**
 - *Conversione esplicita con l'operatore di cast* es: **(int) (double)**

```
double x = 123.45, int s=4;
s = (int) x ;
```
 - *Conversione implicita* nel passaggio dei parametri/risultato alle funzioni (ne parliamo più avanti)

Conversioni implicite degli operandi

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

- ogni valore di tipo **char** o **short** viene convertito in **int**
- 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 implicite nell'assegnamento

- Quando un assegnamento $x = y$ coinvolge espressioni di tipo diverso
 - La conversione avviene sempre con il tipo della variabile a sinistra,
 - Si può perdere informazione, es:

```
int i;  
float x = 2.1, y = 4.5;  
i = x + y;  
printf("%d", i); /* stampa 6 */
```
 - In questi casi ci possiamo fare avvertire dal compilatore con opportuni warning

Conversioni di tipo

- Una conversione può o meno coinvolgere un cambiamento nella rappresentazione del valore.
 - da **short** a **long** SI (dimensioni diverse)
 - da **int** a **float** SI (anche se stessa dimensione)
 - Da **int** a **unsigned** NO (anche se cambia l'interpretazione!)

Conversioni di tipo

- Ci sono situazioni in cui è fondamentale usare la conversione di tipo per avere un risultato corretto degli operatori:
- ad esempio, supponiamo di voler calcolare la media (con eventuali decimali) di tre numeri interi usando il seguente frammento di codice

```
int a = 3, b = 3, c = 4, somma;
double media;
somma = a + b + c;
media = somma / 3;
printf("%f\n", media);
```
- In questo caso il risultato stampato è 3, invece di 3,333....

Che cosa è successo ?

Conversioni di tipo

- È stato usato l'operatore di divisione (/) intera in quanto a destra e a sinistra ci sono due valori interi!
- **Overloading**: lo stesso simbolo viene utilizzato per denotare più operazioni diverse ed il compilatore sceglie quello giusto in base al contesto in cui è applicato
- Per avere il funzionamento corretto dobbiamo rendere artificialmente reale uno dei due operando con l'operazione di casting :

```
int a = 3, b = 3, c = 4, somma;  
double media;  
somma = a + b + c;  
media = somma / (double) 3;  
printf ("%f\n", media);
```
- In questo caso il risultato stampato è correttamente 3,333....

Valori booleani

- Quelli che abbiamo già usato nelle condizioni di **if**, **for**
- In C, questi valori sono interi

$$0 \leftrightarrow \text{FALSE}$$

$$N \neq 0 \leftrightarrow \text{VERO}$$

- Gli operatori di confronto (**<**, **<=**, **==** etc ...) restituiscono 0 se la condizione è falsa e 1 se è vera
- Es: **(2<3)** vale 1 mentre **(4<1)** vale 0

Operatori booleani

- Sono gli operatori logici che permettono di combinare fra loro i valori di verità
 - Negazione (!)
 - Congiunzione o AND (&&)
 - Disgiunzione o OR (||)

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

Operatori booleani

- Ad esempio:
 - $(a \geq 10) \ \&\& \ (a \leq 20)$
è vero (1) se **a** è compreso fra 10 e 20
 - $(b \leq -5) \ || \ (b \geq 5) \ || \ (b == 0)$
vero se **b** è maggiore di 5 o minore di -5 oppure b è 0
- La valutazione di questi operatori è "lazy" letteralmente *pigra*, cioè vengono valutati da sinistra a destra e ci si ferma appena si sa già il risultato
 - Ad esempio, se b è uguale a -6 il valore di || è già 1 (vero) dopo il primo confronto e gli altri confronti non servono
 - Nel && ci possiamo fermare e restituire 0 (falso) appena uno dei valori è falso

Gli operatori bit a bit

- Lavorano sugli interi e i caratteri con segno e senza segno
- $\&$ (and), $|$ (or), \wedge (xor), \sim (complemento)
 - Lavorano sui bit corrispondenti dei valori coinvolti

A _i	B _i	A B	~A	A&B	A^B
0	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0

Gli operatori bit a bit

- Lavorano sugli interi e i caratteri con segno e senza segno
- << (lshift), >> (rshift)
 - Spostano verso destra o verso sinistra la rappresentazione binaria ad esempio

```
int a = 1, b = 567;
```

```
a = a << 3; /* a vale 1000 (base 2)*/
```

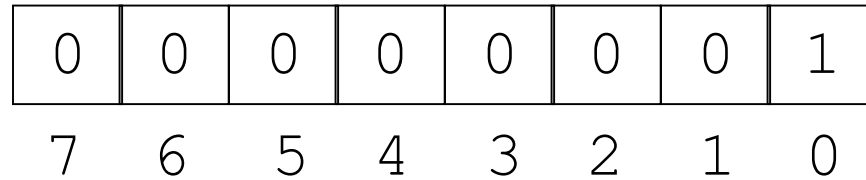
```
b = b & ~ (1 << 4 );
```

```
/* azzera il quinto bit di b ...
```

```
Quanto vale ora b? */
```

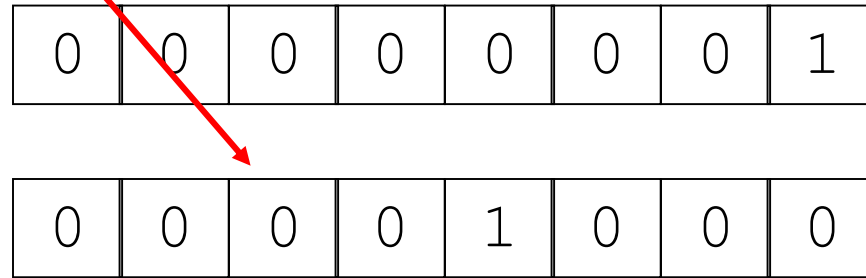
Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$



Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$



Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$

0	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$

0	1	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$

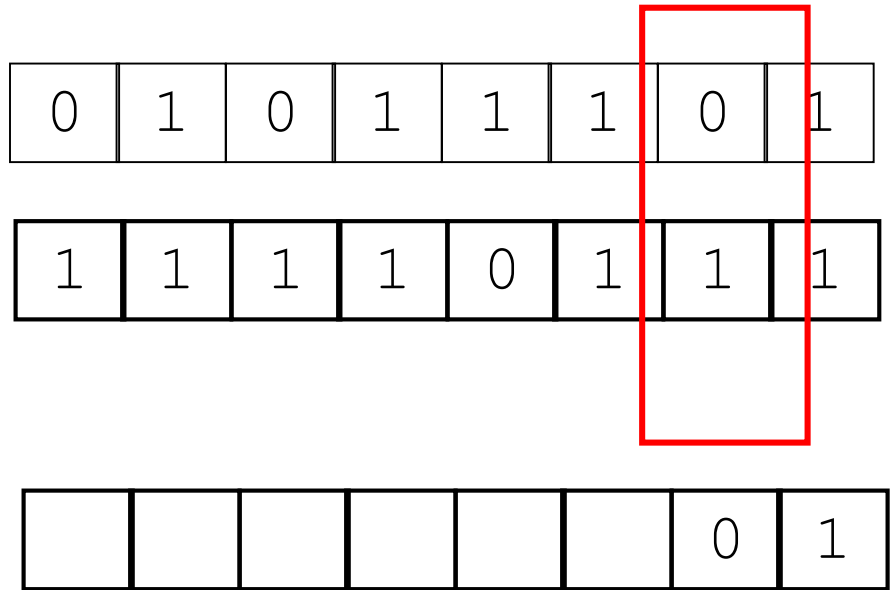
0	1	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

							1
--	--	--	--	--	--	--	---

Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$



Es operatori bit-a-bit

- $a = a \& \sim (1 \ll 3)$

0	1	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Nuovo valore di a

Abbiamo azzerato il bit 3

Selezionare l'n-esimo bit di un intero

```
int c=456; int n=4; int i;
```

```
int bit_i;
```

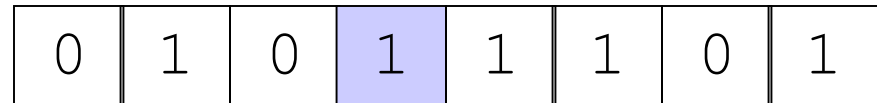
```
if ((1<<n) & c) != 0)
```

```
    bit_i = 1;
```

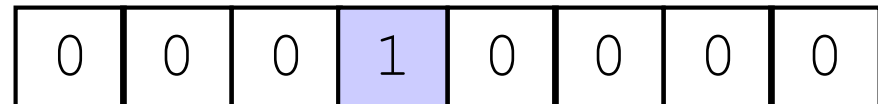
```
else
```

```
    bit_i = 0;
```

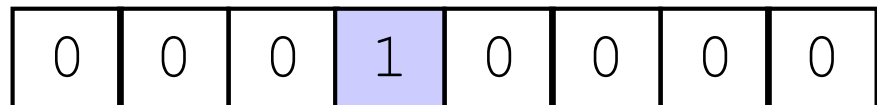
n



1<<n



(1<<n) & c



Stampare i K bit meno significativi di un intero

```
int c = 567, i;  
  
for (i=0; i<K; i++)  
    if ((1<<n) & c) != 0)  
        printf("1");  
    else  
        printf("0");
```