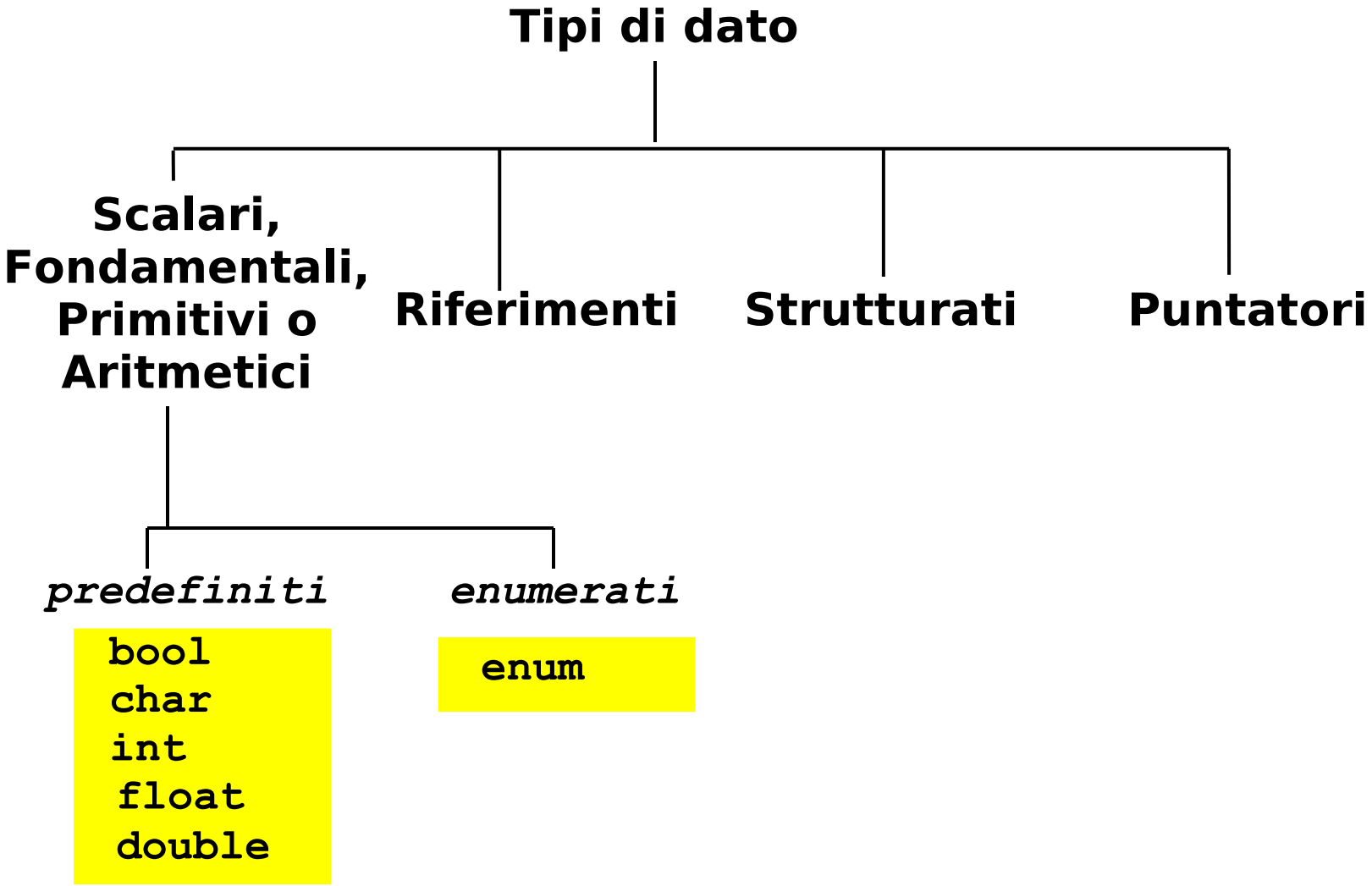
Lezione 7

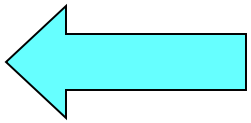
Tipi di dato primitivi
Conversioni di tipo

Tipi di dato


Tipi di dato
Scalari, Fondamentali, Primitivi o Aritmetici
Riferimenti
Strutturati
Puntatori
predefiniti
enumerati
bool
char
int
float
double
enum

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale



- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**

Corto-circuito 1/3

- Si dice che un operatore logico binario è **valutato in corto circuito** se
  - il suo secondo operando non è valutato se il valore del primo operando è sufficiente a stabilire il risultato
- In C/C++ sono valutati in **corto-circuito** gli operatori logici `&&` e `||`

Corto-circuito 2/3

- Esempi:

`false && x`	Il valore del primo operando è sufficiente per stabilire che l'espressione è falsa, quindi il secondo operando **non è valutato**
`true || f(x)`	Il valore del primo operando è sufficiente per stabilire che l'espressione è vera, quindi il secondo operando **non è valutato** Di conseguenza `f(x)` **non è invocata**
`22 || x`	Il valore del primo operando è sufficiente per stabilire che l'espressione è vera, quindi il secondo operando **non è valutato**

Corto-circuito 3/3

- Ricordiamo che && e || sono associativi a sinistra, per cui, per esempio:

```
a && b && c == (a && b) && c
a || b || c == (a || b) || c
```

- Ne segue che:

`a && b && c`	Se `a && b` è falso, il secondo operando del secondo `&&` (ossia `c`) non viene valutato
`a || b || c`	Se `a || b` è vero, il secondo operando del secondo `||` (ossia `c`) non viene valutato

- Questo esempio con 3 termini si può banalmente generalizzare al caso di *n* termini

Esempio

- Cosa stampa il seguente programma?

```
bool fun() {
     cout<<"fun invocata"<<endl ;
     return true ;
}

main()
{
     bool a = true ;
     if (a && fun())
          cout<<"programma terminato"<<endl ;
}
```

Risposta

- Stampa:

```
fun invocata
programma terminato
```

- Perché è necessario invocare **`fun`** per determinare il valore dell'espressione condizionale

Esempio

- Cosa stampa il seguente programma?

```
bool fun() {
     cout<<"fun invocata"<<endl ;
     return true ;
}

main()
{
     bool a = true ;
     if (a || fun())
          cout<<"programma terminato"<<endl ;
}
```

Risposta

- Stampa:

```
programma terminato
```

- Perché **non** è necessario invocare `fun` per determinare il valore dell'espressione condizionale

Espressione condizionale

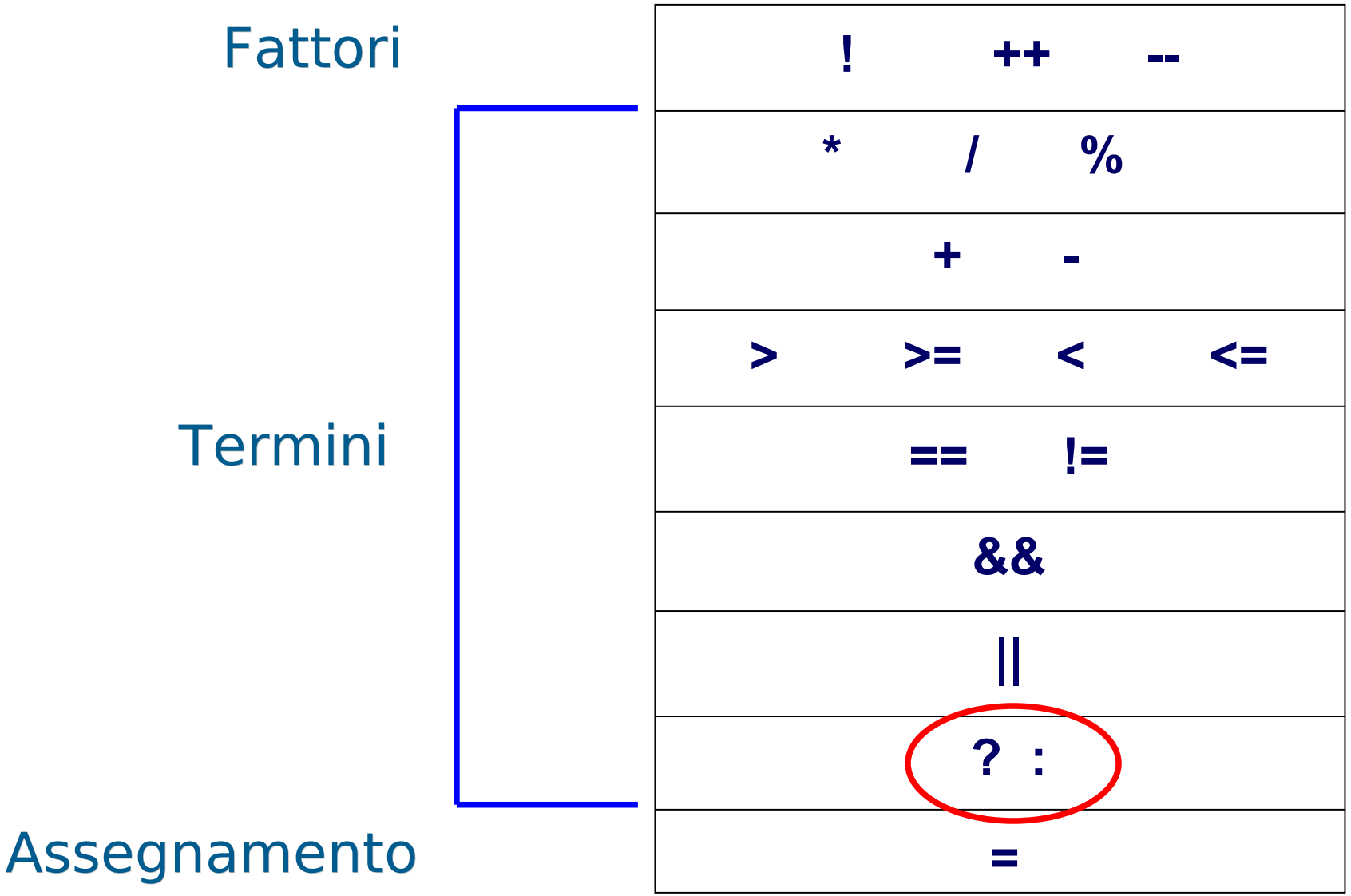
<condizione> `?` *<espressione1>* `:` *<espressione2>*

- Il valore risultante è quello di *<espressione1>* oppure quello di *<espressione2>*
  - Dipende dal valore dell'espressione *<condizione>*:
    - se *<condizione>* è vera, si usa *<espressione1>*
    - se *<condizione>* è falsa, si usa *<espressione2>*

- Esempi:

```
3 ? 10 : 20      // vale sempre 10
x ? 10 : 20      // vale 10 se x è vero, 20 altrimenti
(x>y) ? x : y    // vale il maggiore fra x ed y
```

Sintesi priorità degli operatori



Esercizi

- Svolgere gli esercizi *oper_cond.cc* ed *oper_cond2.cc* della settima esercitazione

Operatore virgola 1/2

- Date le generiche espressioni *<espr1>*, *<espr2>*, ..., *<esprN>* le si può concatenare mediante l'operatore virgola per ottenere la seguente espressione composta:

  <espr1>, <espr2>, ..., <esprN>

  in cui

  - le espressioni *<espr1>*, *<espr2>*, ..., *<esprN>* saranno **valutate l'una dopo l'altra**
  - il valore dell'espressione composta sarà uguale a quello dell'ultima espressione valutata

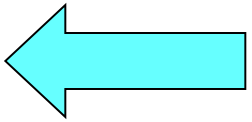
Operatore virgola 2/2

Esempi:

```
int i, j ;
for(i = 1, j = 3 ; i < 5 ; i++, j--)
      ... ;
```

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**



Prima di iniziare ...

- ... un esempio di quello che si può fare con l'opportuna conoscenza del tipo **char**
- http://asciimation.co.nz/
- Non vi preoccupate, cominceremo da qualcosa di più semplice ...

Tipo carattere: `char`

- Rappresenta l'insieme dei caratteri utilizzabili in accordo allo standard del linguaggio C/C++
- Costanti letterali carattere
  - Dato un carattere, la corrispondente costante letterale carattere si ottiene racchiudendo il carattere tra **singoli apici**

    ```
    'a'  'b'  'A'  '2'   '@'
    ```

  - Diverso dal caso dei letterali numerici, che non andavano corredati da simboli aggiuntivi all'inizio ed alla fine

Caratteri speciali

Mediante le costanti letterali carattere si possono però denotare anche:

- caratteri speciali:

'\n'	A capo	
'\t'	Tabulazione	
'\''	Singolo apice	'
'\\'	Backslash	\
'\"'	Doppi apici	"

Rappresentazione caratteri 1/2

- Abbiamo detto che la memoria è fatta solo di locazioni contenenti numeri
- Come memorizzare un carattere in una locazione che può contenere solo un numero?
- Un problema simile si aveva nelle trasmissioni telegrafiche
  - Si potevano trasmettere solo segnali elettrici
  - Come avevano risolto il problema?

Rappresentazione caratteri 2/3

- Con il codice Morse
  - Associando cioè ad ogni carattere una determinata sequenza di segnali di diversa durata

Rappresentazione caratteri 3/3

- Possibile soluzione per memorizzare caratteri:
  - Associare per convenzione **un numero intero, ossia un codice, diverso a ciascun carattere**
  - Per memorizzare un carattere, si può memorizzare di fatto il numero intero, ossia il codice, che lo rappresenta

Esempio

- Consideriamo solo tre caratteri: *a*, *b* e *c*
- Decidiamo quale numero intero (codice) associare a ciascun carattere, ad esempio

  a 1
  b 2
  c 3
- Per memorizzare, per esempio, il carattere b in una locazione di memoria, vi memorizziamo il numero intero 2
- Se sappiamo che in una data locazione è memorizzato un carattere, controlliamo il numero contenuto nella locazione e dal numero risaliamo al carattere (es.: $2 \rightarrow b$, $3 \rightarrow c$)

Codifica ASCII 1/2

- Generalmente, si utilizza il codice ASCII
- E' una codifica che, nella *forma estesa*, utilizza 1 byte, per cui vi sono 256 valori rappresentabili
  - I codici vanno tipicamente da 0 a 255 (da -128 a +127 nel caso i dodici dei caratteri vengano considerati numeri con segno)
- Vi è anche la *forma ristretta* su 7 bit, nel qual caso l'insieme di valori rappresentabili si riduce a 128

Codifica ASCII 2/2

Codice (in base 10)	Carattere
... (0-31, caratteri di controllo)	
32	*<spazio>*
33	!
34	"
35	#
...	
48	0
49	1
...	
65	A
66	B
67	C
...	
97	a
...	

La tabella completa è reperibile facilmente in rete, e si trova tipicamente anche nell'Appendice dei libri e manuali sui linguaggi di programmazione

Tipo `char`

- Nel linguaggio C/C++ il tipo **`char`** non denota un nuovo tipo in senso stretto, ma è di fatto l'insieme dei valori interi rappresentabili (tipicamente) su di un *byte*
- Il tipo **`char`** contiene quindi, di fatto, un sottoinsieme abbastanza piccolo di numeri interi

Intervallo di valori 1/2

Tipo	*Dimensione*	*Intervallo valori*
`char`	1 byte	-127 .. 128 (se considerato con segno) oppure 0 .. 255 (se considerato senza segno)
`unsigned char`	1 byte	0 .. 255

Intervallo di valori 2/2

- Lo standard non specifica se **`char`** deve essere considerato con segno o senza
  - La cosa può variare da una macchina all'altra
- Invece **`unsigned char`** è **sempre senza segno**

Contenuto costanti carattere

- Quindi, le costanti carattere **non denotano altro che numeri interi**
  - Scrivere una costante carattere equivale a scrivere il numero corrispondente al codice ASCII del carattere
    - Ad esempio, scrivere `'a'` è equivalente a scrivere 97
  - **Però una costante carattere ha anche associato un tipo**, ossia il tipo **`char`**

Stampa di un carattere 1/2

- Di conseguenza, se scriviamo

```
cout<<'a'<<endl ;
```

  abbiamo passato il valore 97 al **cout**

- Ma cosa stampa ???
  - Provare per scoprirlo

Stampa di un carattere 2/2

- Stampa un carattere
- Come mai?

Risposta

- Perché l'operatore << ha dedotto dal tipo (**`char`**) cosa fare!

Esercizi

- Svolgere *leggi_stampa_char.cc* della settima esercitazione

Ordinamento 1/2

- I caratteri sono ordinati
- In particolare rispettano il seguente ordinamento (detto lessicografico) per ciascuna delle tre classi (cifre, lettere minuscole,lettere maiuscole):

  ‘0’ < ‘1’ < ‘2’ < … < ‘9’

  ‘A’ < ‘B’ < ‘C’ < … < ‘Z’

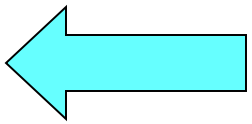
  ‘a’ < ‘b’ < ‘c’ < … < ‘z’

Ordinamento 2/2

- Ma qual è l'ordinamento **tra** le tre classi
  - Per esempio '1' < 'a'?
- Non è definito!
- Tra le tre classi lo standard del linguaggio non prevede nessuna garanzia di quale dei possibili ordinamenti viene adottato
  - La codifica ASCII ha il suo ordinamento, ma quale codifica deve/può essere utilizzata sulla macchina non è definito dallo standard
  - Lo standard lascia libera la scelta della codifica, purché sia rispettato solo l'ordinamento **all'interno** delle classi
  - L'effettivo ordinamento **tra** le classi dipenderà dalla codifica utilizzata sulla macchina su cui gira il programma

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**



Conversioni di tipo

- Dato il valore di una costante, di una variabile, di una funzione o in generale di una espressione
  - Tale valore ha anche associato un tipo
  - Esempio:

    2 è di tipo **`int`**

    `'a'` è di tipo **`char`**

    `2<3` è di tipo **`bool`**
- Esiste un modo per convertire un valore, appartenente ad un certo tipo, nel valore corrispondente in un altro tipo?
  - Sì, uno dei modi è mediante una **conversione esplicita**
  - Esempio: da 97 di tipo **`int`** a 97 di tipo **`char`** (ossia la costante carattere 'a')

Conversioni esplicite 1/2

- Tre forme (negli esempi si assuma, ad esempio, che a sia una variabile/costante di tipo **`char`** precedentemente definita):
  - Cast (C/C++)
    (*<tipo_di_destinazione>*) *<espressione>*
    Esempi:
    ```
    d = (int) a;
    fun((int) a) ;
    ```
  - Notazione funzionale (C/C++)
    <tipo_di_destinazione>(*<espressione>*)
    Esempi:
    ```
    d = int(a);
    fun(int(a)) ;
    ```
  - Operatore **`static_cast`** (solo C++)
    `static_cast``<`*<tipo_di_destinazione>*`>(`*<espressione>*`)`
    Esempi:
    ```
    d = static_cast<int>(a);
    fun(static_cast<int>(a)) ;
    ```

Conversioni esplicite 2/2

- In tutti e tre i casi, il valore dell'espressione è convertito nel corrispondente valore di tipo *<tipo_di_destinazione>*, qualche sia il tipo del valore dell'espressione

Operatore `static_cast`

- L'uso dell'operatore **`static_cast`** comporta una notazione più pesante rispetto agli altri due
- La cosa è voluta
  - Le conversioni di tipo sono spesso pericolose
  - Bisogna utilizzarle solo quando non si riesce a farne a meno senza complicare troppo il programma
  - Un notazione pesante le fa notare di più
- Se si usa lo **`static_cast`** il compilatore usa regole più rigide
  - Programma più sicuro
- Al contrario con gli altri due metodi si ha piena libertà (di sbagliare senza essere aiutati dal compilatore ...)

Esempio

```
int i = 100 ;
char a = static_cast<char>(i) ;
```

- Supponendo che il valore 100 sia rappresentabile mediante il tipo **`char`**, e che quindi non vi siano problemi di *overflow*
- Che cosa viene memorizzato nell'oggetto di tipo **`char`**?

Risposta

- Esattamente il valore 100
- Ma stavolta il valore sarà di tipo **`char`**
- Similmente, dopo le istruzioni:

```
char a = 100 ; // codice ASCII 100
int i = static_cast<int>(a) ;
```

nella variabile **`i`** sarà memorizzato il valore 100, ma il tipo sarà **`int`**

Domanda

- Supponendo che il codice del carattere `'a'` sia 97, che differenza di significato c'è tra le due seguenti inizializzazioni?

```
char b = 'a' ;
```

oppure

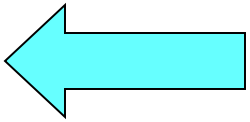
```
char b = static_cast<char>(97) ;
```

Risposta

- Nessuna, sono perfettamente equivalenti!

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**



Esercizi

- Dalla settima esercitazione
  - *codice_car.cc*
  - *car_codice.cc*
  - *traccia_car_codici_immediato.cc*
  - Per casa
    - *tabella_ascii.cc*

Operazioni

- Sono applicabili tutti gli operatori visti per il tipo **`int`**
- Pertanto, si può scrivere:

`'x' / 'A'`	equivale a	120 / 65	uguale a: 1
`'R' < 'A'`	equivale a	82 < 65	uguale a: **`false`** (0 in C)
`'x' - '4'`	equivale a	120 – 52	uguale a: 68 (=='D')
`'x' - 4`	equivale a	120 – 4	uguale a: 116 (=='t')

Esercizi

- Svolgere, *leggi_inc_stampa_char.cc* della settima esercitazione
- Svolgere la settima esercitazione fino alla prova di programmazione inclusa

Caratteri speciali

- Come costante letterale carattere si può specificare direttamente il codice del carattere, con due diverse possibili notazioni:

  `'\nnn'` Numero ottale di tre cifre

  `'\0xhhh'` Numero esadecimale di tre cifre

- Esempi:

  `'\041'` `'\0'` `'\xfa'`

- Questa possibilità va usata con molta attenzione, alla luce di quanto spiegato nella prossima slide

Portabilità 1/2

- Ci interessa la forma in cui il numero è memorizzato per poterci lavorare?
  - No, noi lo usiamo semplicemente come un numero intero, pensa a tutto il compilatore
- Soprattutto: se il codice che scriviamo non fa nessuna assunzione su come sono rappresentati i numeri, allora funzionerà su macchine diverse anche se su tali macchine i numeri sono rappresentati in modo diverso
  - Se invece un certo il codice di un programma fa affidamento sul fatto che i numeri sono rappresentati in un certo modo, allora, quando eseguito su una macchina in cui i numeri non sono rappresentati in quel modo, quel programma non funziona più

Portabilità 2/2

- Nel primo caso si dice che il codice è **portabile** tra diverse macchine (architetture), nel secondo caso si dice invece che il codice **non è portabile**
- Lo stesso accade per i codici dei caratteri
  - Dobbiamo scrivere programmi che non facciano assunzioni su quale codifica è utilizzata, altrimenti cambiando codifica i nostri programmi non funzionano più correttamente!
- E' sensato scrivere programmi non portabili solo quando non vi è altra alternativa per il particolare problema da risolvere o per i vincoli temporali imposti
  - In tutti gli altri casi si è fatto semplicemente un cattivo lavoro se si è scritto un programma non portabile

Esercizio

- Scrivere una funzione che, dato un carattere passato in ingresso (come parametro formale), restituisca il carattere stesso se non è una lettera minuscola, altrimenti restituisca il corrispondente carattere maiuscolo
- Prima di definire il corpo della funzione, scrivere un programma che, usando SOLO tale funzione, legga un carattere da *stdin* e, se minuscolo, lo ristampi in maiuscolo, altrimenti comunichi che il carattere non è minuscolo
  - Adottiamo cioè, per esercizio, un approccio *top-down*

Specifiche della funzione

- Per adottare in modo efficace l'approccio top-down bisogna definire in modo esatto cosa va in ingresso alla funzione e cosa la funzione restituisce
  - Scriviamo quindi solo la dichiarazione della funzione
  - Inseriamo i dettagli sul comportamento della funzione sotto forma di commenti all'intestazione della funzione stessa

Prima parte

```
/*
 * Dato il carattere in ingresso c restituisce il maiuscolo
 * di c utilizzando solo le proprietà di ordinamento dei
 * codici dei caratteri.
 * Assunzione: se c non è minuscolo, ritorna il
 * carattere inalterato.
*/
char maiuscolo(char c);

main() {
  char minus, maius;
  cin>>minus;
  maius = maiuscolo (minus);
  if (minus==maius)
       cout<<"Il carattere "<<minus
           <<" non è minuscolo"<<endl;
  else
       cout<<"Minuscolo = "<<minus<<" -  Maiuscolo = "
           <<maius<<endl;
 }
```

Bozza di algoritmo funzione

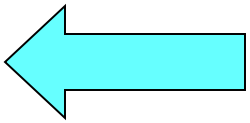
- Se il parametro formale `c` non contiene una lettera minuscola, restituisci il carattere senza alcuna modifica
- Altrimenti, calcola il corrispondente carattere maiuscolo, sfruttando le proprietà di ordinamento della codifica dei caratteri ASCII:
  - ogni carattere è associato ad un valore intero
    - Che noi assumiamo di **NON CONOSCERE**
  - le lettere da ‘A’ a ‘Z’ sono in ordine alfabetico
  - le lettere da ‘a’ a ‘z’ sono in ordine alfabetico

Funzione

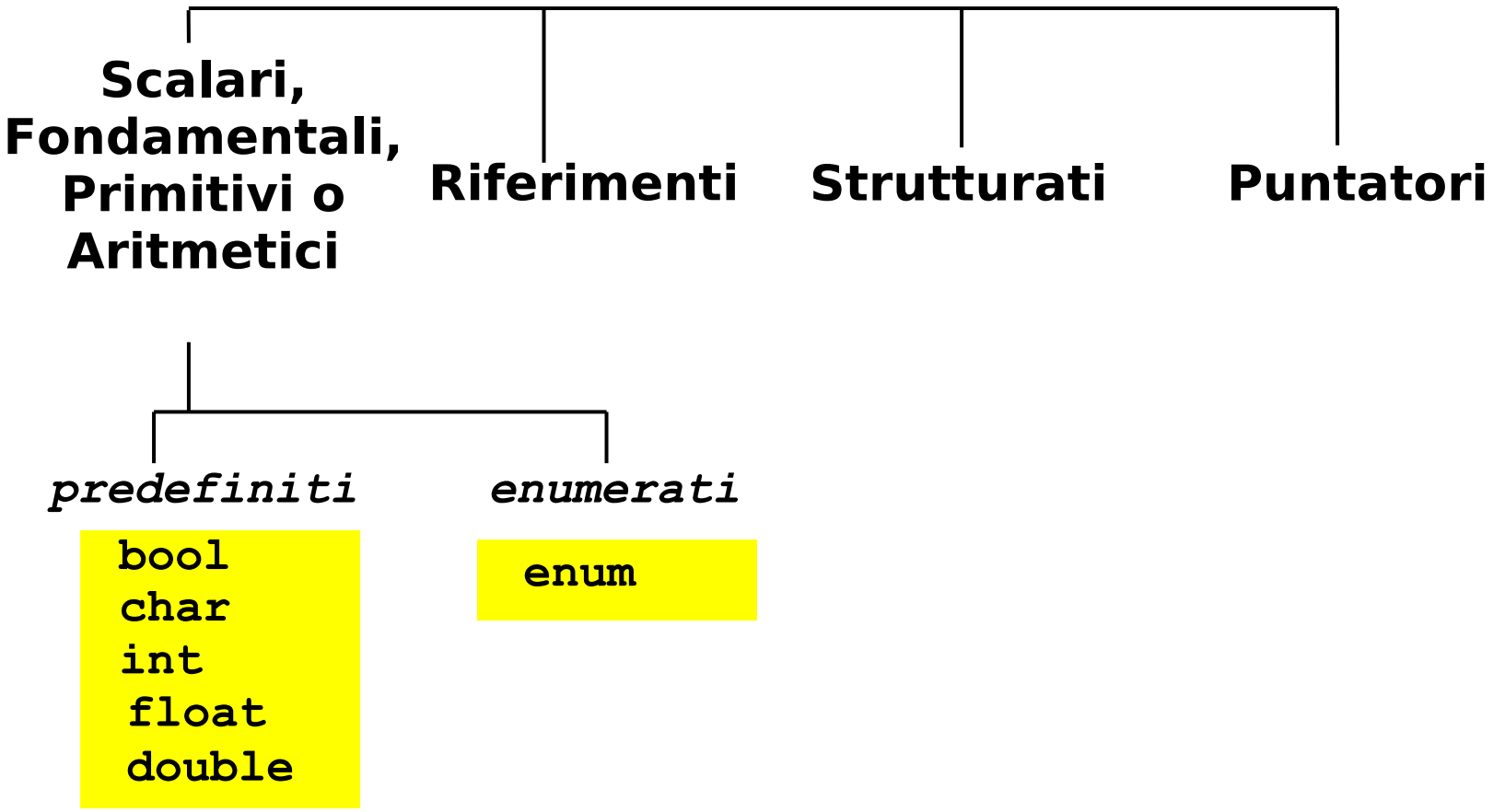
```
/*
 * Dato il carattere in ingresso c restituisce il maiuscolo
 * di c utilizzando solo le proprietà di ordinamento dei
 * codici dei caratteri.
 * Assunzione: se c non è minuscolo, ritorna il
 * carattere inalterato.
*/
char maiuscolo(char c)
{
  if (c<'a' || c>'z')
       return c;
  return c - 'a' + 'A';
}
```

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**



Tipi di dato


Scalari, Fondamentali, Primitivi o Aritmetici
Riferimenti
Strutturati
Puntatori
predefiniti
enumerati
bool
char
int
float
double
enum

Tipo enumerato 1/2

- **Insieme di costanti** intere definito dal programmatore
  - ciascuna individuata da un identificatore (nome) e detta **enumeratore**
- Esempio di dichiarazione:

```
enum colori_t {rosso, verde, giallo} ;
```

  - dichiara un tipo enumerato di nome **`colori_t`** e tre costanti intere (enumeratori) di nome **`rosso`**, **`verde`** e **`giallo`**
  - gli oggetti di tipo **`colori_t`** potranno assumere come valori solo quelli dei tre enumeratori
  - agli enumeratori sono assegnati numeri interi consecutivi a partire da zero, a meno di inizializzazioni esplicite (che vedremo fra poco)

Tipo enumerato 2/2

- Rimanendo sull'esempio della precedente slide
  - mediante il tipo **`colori_t`** sarà possibile definire nuovi oggetti mediante delle definizioni, con la stessa sintassi usata per i tipi predefiniti
  - Così come si può scrivere
    `int a ;`
    si potrà anche scrivere
    `colori_t a ;`
    - il cui significato è quello di definire un oggetto di nome **`a`** e di tipo **`colori_t`**
  - I valori possibili di oggetti di tipo **`colori_t`** saranno quelli delle costanti **`rosso`**, **`verde`** e **`giallo`**
  - Quindi l'oggetto **`a`** definito sopra potrà assumere solo i valori **`rosso`**, **`verde`** e **`giallo`**

Sintassi

- Dichiarazione di un tipo enumerato:

<dichiarazione_tipo_enumerato> ::=
enum *<identificatore>* **{***<lista_dich_enumeratori>***}** **;**

<lista_dich_enumeratori> ::=
<dich_enumeratore> **{** , *<dich_enumeratore>* **}**

<dich_enumeratore> ::=
<identificatore> **[**= *<espressione>***]**

Ripetuto zero o più volte

Ripetuto zero o una volta

Inizializzazione e visibilità

- Come già detto agli enumeratori sono associati per default valori interi consecutivi a partire da 0
  Esempio: gli enumeratori del precedente tipo **`colori_t`** valgono 0 (**`rosso`**), 1 (**`verde`**) e 2 (**`giallo`**)
- La dichiarazione di un tipo enumerato segue le stesse regole di visibilità di una generica dichiarazione
- Nel campo di visibilità di un tipo enumerato
  - si possono utilizzare i suoi enumeratori
  - si può utilizzare il nome del tipo per definire variabili di quel tipo
  - Esempio:

```
colori_t c ;
colori_t d = rosso ;
```

Esercizio

- Svolgere l'esercizio *stampa_enum.cc* della settima esercitazione

Memoria ed intervallo

- Stessa occupazione di memoria (in numero di byte) e stessi operatori del tipo **`int`**
  - Insieme di valori possibili limitato però ai soli enumeratori
- Ma **non c'è controllo completo sull'intervallo da parte del compilatore!**
  - Finché si usano solo gli enumeratori non ci sono problemi
  - Inoltre:
    ```
    int a = 100; colore_t c = a ;
    ```
    genera correttamente un errore a tempo di compilazione
  - ma sono lecite cose pericolose tipo:
    ```
    int a = 100;
    colore_t c = static_cast<colore_t>(a) ;
    ```

Note sui tipi enumerati 1/2

- Attenzione, se si dichiara una variabile o un nuovo enumeratore con lo stesso nome di un enumeratore già dichiarato, da quel punto in poi si perde la visibilità del precedente enumeratore.
- Esempio:

```
enum Giorni {lu, ma, me, gi, ve, sa, do} ;
enum PrimiGiorni {do, lu, ma, gi} ; // da qui in poi non si
                                    // vedono più gli
enumeratori                             // lu, ma e me
del tipo Giorni
```

- Un tipo enumerato è totalmente ordinato. Su un dato di tipo enumerato sono applicabili tutti gli operatori relazionali. Continuando i precedenti esempi:
  - `lu < ma` → vero
  - `lu >= sa` → falso
  - `rosso < giallo` → vero

Note sui tipi enumerati 2/2

- Se si vuole, si possono inizializzare a piacimento le costanti:

```
enum Mesi {gen=1, feb, mar, ... }   ;
      // Implica: gen = 1, feb = 2, mar = 3, ...
enum romani { i=1, v = 5, x = 10, c = 100 }   ;
```

- E' possibile definire direttamente una variabile di tipo enumerato, senza dichiarare il tipo a parte
  <definizione_variabile_enumerato> ::=
  enum { *<lista_dich_enumeratori>* } *<identificatore>* ;
  - Esempio: `enum {rosso, verde, giallo} colore ;`
  - Nel campo di visibilità della variabile è possibile utilizzare sia la variabile che gli enumeratori dichiarati nella sua definizione

Esercizio

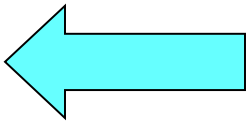
- Svolgere l'esercizio *giorni_lavoro.cc* della settima esercitazione

Benefici del tipo enumerato

- Decisamente migliore leggibilità
- Indipendenza del codice dai valori esatti e dal numero di costanti (enumeratori)
  - Conseguenze importantissime:
    - se cambio il valore di un enumeratore, non devo modificare il resto del programma
    - posso aggiungere nuovi enumeratori senza dover necessariamente modificare il resto del programma
- Maggiore robustezza agli errori
  - Se si usano solo gli enumeratori **non è praticamente possibile usare valori sbagliati**
- Quindi: impariamo da subito ad utilizzare gli enumerati e non gli interi **ovunque i primi siano più appropriati dei secondi**

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)



- **Tipi e conversioni di tipo**

Numeri reali

- In C/C++ si possono utilizzare numeri con una componente frazionaria (minore dell'unità)
- Ad esempio:

```
24.2        .5
```

- Tali numeri sono comunemente chiamati reali

Letterali reali

- Si possono utilizzare i seguenti formati:

```
24.0                    .5
2.4e2 = 2.4*10^2        240.0e-1 = 240.0*10^-1
```

- La notazione scientifica può tornare molto utile per scrivere numeri molto grandi o molto piccoli
- Per indicare che una costante letterale è da intendersi come reale anche se non ha cifre dopo la virgola, si può terminare semplicemente il numero con un punto

  Esempio:

```
123.
```

Operatori reali

Operatori aritmetici	**Tipo del risultato**
`+` `-` `*` `/`	`float` o `double`

Attenzione: la divisione è quella reale

Operatori relazionali	
`==` `!=`	`bool` (`int` in C)
`<` `>` `<=` `>=`	`bool` (`int` in C)

Esempi

5. / 2.	==	2.5
2.1 / 2.	==	1.05
7.1 > 4.55	==	`true`, oppure 1 in C

Stampa numeri reali

- Come sappiamo, quando si inserisce un numero di tipo **`int`** sull'oggetto *cout* mediante l'operatore <<, viene immessa sullo *stdout* la sequenza di caratteri e cifre che rappresenta quel numero
  - Lo stesso vale per i numeri reali
- La particolare sequenza di caratteri dipenderà da come è configurato l'oggetto *cout* (vedremo meglio in seguito)
  - Ad esempio, la seguente riga di codice
    `cout<<-135.3 ;`
    immette quasi certamente sullo *stdout* la sequenza di caratteri:
    `-135.3`

Numeri reali

- Come ogni altro tipo di dato (interi, booleani, caratteri, enumerati), anche i numeri reali sono memorizzati nella memoria di un programma sotto forma di sequenze di bit
  - Più in particolare, così come un numero di tipo **int**, un numero reale è memorizzato in una sequenza di celle di memoria contigue
- Quante celle di memoria sono utilizzate e quali configurazioni di bit sono memorizzate in tali celle dipende dallo schema con cui il numero è rappresentato in memoria e dalla precisione desiderata
- Come stiamo per vedere nelle seguenti slide ...

Rappresentazioni numeri reali

- Esistono tipicamente due modi per rappresentare un numero reale in un elaboratore:
  - **Virgola fissa:** Numero massimo di cifre intere e decimali deciso a priori
    - Esempio: se si utilizzano 3 cifre per la parte intera e 2 per la parte decimale, si potrebbero rappresentare i numeri:
      213.78 184.3 4.21
      ma non
      2137.8 3.423 213.2981
  - **Virgola mobile:** Numero massimo totale di cifre, intere e decimali, deciso a priori, ma posizione della virgola libera
    - Esempio: se si utilizzano 5 cifre in totale, si potrebbero rappresentare tutti i numeri del precedente esempio in virgola fissa, ma anche
      213.78 2137.8 .32412 12617.
      ma non
      .987276 123.456 1.321445

Componenti virgola mobile

- Si decide a priori il numero massimo di cifre perché questo permette una rappresentazione abbastanza semplice dei numeri in memoria, nonché operazioni più veloci
- Un numero reale è rappresentato (e quindi memorizzato) di norma mediante tre componenti:
  - **Segno**
  - **Mantissa** (*significand*), ossia le cifre del numero
  - **Esponente** in base 10:
- A parte il segno, il numero si immagina nella forma $mantissa * 10^{esponente}$
  - Tipicamente la mantissa è immaginata come un numero a virgola fissa, con la virgola posizionata sempre subito prima (o in altre rappresentazioni subito dopo) della prima cifra diversa da zero

Calcolo rappresentazione 1/2

- La mantissa di un numero reale si ottiene semplicemente spostando la posizione della virgola del numero di partenza
- Partiamo per esempio dal numero 12.3
  - La virgola si trova subito dopo la seconda cifra
  - Per arrivare da questo numero ad una mantissa che abbia la virgola subito prima della prima cifra, spostiamo la virgola di due posizioni verso sinistra
    - Otteniamo .123
  - Per ottenere infine la rappresentazione di 12.3 nella forma *mantissa* * $10^{esponente}$, ossia nella forma .123 * $10^{esponente}$, dobbiamo trovare il valore appropriato all'esponente
    - Tale valore è uguale al numero di posizioni di cui abbiamo spostato la cifra, ossia 12.3 = .123 * 10^2

Calcolo rappresentazione 2/2

- In generale,
  - Se la mantissa è ottenuta spostando la virgola di *n* posizioni **verso sinistra**, allora l'esponente è uguale ad *n*
    - Come nel precedente esempio
  - Se la mantissa è ottenuta spostando la virgola di n posizioni **verso destra**, allora l'esponente è uguale a *-n*
    - Ad esempio, la mantissa di .0123 è .123, ottenuta spostando la virgola di una posizione verso destra, e la rappresentazione del numero è quindi $.123 * 10^{-1}$

Esempi

- Una notazione che torna utile per evidenziare le precedenti componenti nella rappresentazione di un numero reale è la notazione scientifica già vista nell precedenti slide:

  *mantissa***e***esponente* = *mantissa*10*^{esponente}

- Esempi:

Numero	Notazione Scientifica	Segno	Mantissa	Esponente
123	.123e3	+	.123	3
0.0123	.123e-1	+	.123	-1
0.123	.123e0	+	.123	0
-1.23	-.123e1	-	.123	1

Tipi float e double

- Nel linguaggio C/C++ i numeri reali sono rappresentati mediante i tipi **`float`** e **`double`**
  - Sono numeri in virgola mobile
  - Mirano a rappresentare (con diversa precisione) **un sottoinsieme** dei numeri reali
  - I tipi **`float`** e **`double`** (così come **`int`** per gli interi), sono solo un'approssimazione dei numeri reali, sia come
    - **precisione**, ossia numero di cifre della mantissa
    - sia come **intervallo** di valori rappresentabili

Esercizio

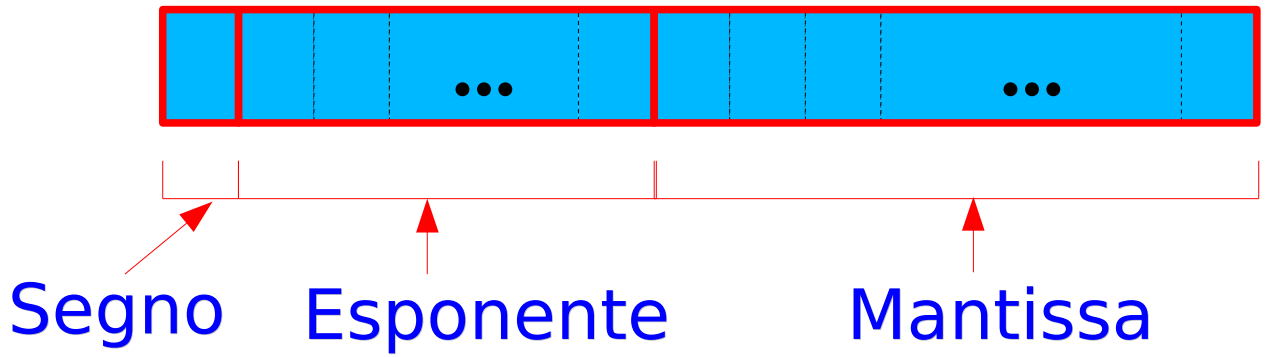
- Svolgere *divis_reale.cc* della settima esercitazione

IEEE 754

- I numeri **`float`** e **`double`** sono tipicamente rappresentati/memorizzati in base allo standard IEEE 754
  - Fondamentalmente, sia la mantissa che l'esponente sono memorizzati in base 2 e non in base 10
- Quindi, un numero **`float`** o **`double`** è di fatto rappresentato in memoria nella forma
  $mantissa * 2^{esponente}$
- In particolare: ...

Rappresentazione in memoria

- Un numero **`float`** o **`double`** è memorizzato come una sequenza di bit:



- Tale sequenza di bit occupa tipicamente più celle contigue in memoria

Valori tipici

STANDARD COMUNE

(ma non necessariamente valido per tutte le architetture)

`float`	4 byte
`double`	8 byte
`long double`	10 byte

Tipo	Precisione	Intervallo di valori assoluti
`float`	6 cifre decimali	$3.4*10^{-38}$ ... $3.4*10^{38}$
`double`	15 cifre decimali	$1.7*10^{-308}$ ... $1.7*10^{308}$

Precisazione

- Attenzione a non confondere l'alto numero di cifre che può avere un numero di tipo **float** o **double**, con le cifre che determinano la precisione del numero
- La precisione ci dice quante cifre **diverse** si possono memorizzare al più in un numero reale
- Ad esempio, il tipo **float** permette di rappresentare numeri con 38 cifre decimali dopo lo zero
  - Ma solo le prime 6 cifre decimali possono essere l'una diversa dall'altra
  - Il resto sono solo un gran numero di zeri, aggiunti assegnando un valore molto elevato all'esponente
  - Esempio: in un numero di tipo **float** potrei memorizzare
    12132300000000000
    ma non
    12132321000000000

Conversione da reale ad intero

- La conversione da reale ad intero è tipicamente effettuata per *troncamento*
  - Si conserva cioè solo la parte intera del numero di partenza
- Ovviamente possono verificarsi problemi di *overflow* all'atto di una conversione

Esercizio

- Svolgere *reale_int.cc* della settima esercitazione

Problemi di rappresentazione 1

- Siccome il numero di cifre utilizzate per rappresentare un numero reale è limitato, si potrebbero verificare approssimazioni (*troncamenti*) nella rappresentazione di un numero reale con molte cifre
- Esempio: Il numero 290.00124
  - se si avessero massimo 6 cifre diverse a disposizione (come col tipo **float**) potrebbe essere rappresentato come .290001e+3
  - Tuttavia, questa rappresentazione trasformerebbe il numero originario
    290.00124 → 290.001
  - In molte applicazioni questa approssimazione non costituisce un problema, ma in altre applicazioni, come ad esempio quelle di calcolo scientifico, costituisce una **seria fonte di errori**

Problemi di rappresentazione 2

- Il numero di cifre limitato non è l'unica fonte di problemi di rappresentazione
- Ad esempio, come si può rappresentare 0.1 nella forma *mantissa* * $2^{esponente}$ con la mantissa rappresentata in base 2?
  - Bisogna trovare una coppia mantissa/esponente opportuna
- In merito, consideriamo che si possono rappresentare numeri minori di 1 in base 2 utilizzando la notazione a punto così come si fa per la base 10
  - Ad esempio:
    $[0.1]_2 = [0 + 1*2^{-1}]_{10}$ $[0.01]_2 = [0 + 0*2^{-1} + 1 * 2^{-2}]_{10}$
  - Ma $[0.1]_{10} = [10^{-1}]_{10} = [???]_2$

Risposta

- Ogni numero frazionario, ossia minore dell'unità, che sia rappresentato da una qualsiasi sequenza di cifre dopo la virgola in base 2, è uguale alla somma di numeri razionali con una potenza di 2 al denominatore (uno per ogni cifra)
  - In totale è quindi uguale ad un numero razionale con una potenza di 2 al denominatore
- Quindi solo i numeri razionali frazionari che hanno una potenza di 2 al denominatore si possono esprimere con una sequenza finita di cifre binarie
- $[0.1]_{10}$ non si può scrivere come un numero razionale con una potenza di 2 al denominatore
- Quindi **non esiste nessuna rappresentazione finita in base 2** di $[0.1]_{10}$
  - Tale numero sarà pertanto **necessariamente memorizzato in modo approssimato**

Operazioni tra reali ed interi

- Se si esegue una operazione tra un oggetto di tipo **int**, **enum** o **char** ed un oggetto di tipo reale, si effettua di fatto la variante reale dell'operazione
  - In particolare, nel caso della divisione, si effettua la divisione reale
- Vedremo in seguito il motivo ...
- Svolgere l'esercizio *divis_reale2.cc*

Esercizio

- Sulle slide della settima esercitazione
  - *ascensore.cc*
  - Se non riuscite a realizzare correttamente il programma richiesto in *ascensore.cc*, allora, prima di guardare la soluzione, guardate la prossima slide e riprovate

Confronto approssimato

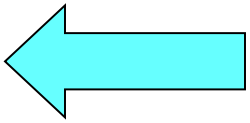
- Ovviamente possono verificarsi errori dovuti al troncamento o all'arrotondamento di alcune cifre decimali anche nell'esecuzione delle operazioni
- Meglio evitare l'uso dell'operatore ==
  - I test di uguaglianza tra valori reali (in teoria uguali) potrebbero non essere verificati
  - Ad esempio, non sempre vale:
    `(x / y) * y == x`
- Meglio utilizzare "un margine accettabile di errore":
  - `x == y` → `(x <= y+epsilon) && (x >= y-epsilon)`
    dove, ad esempio,
    `const double epsilon = 1e-7 ;`

Riassunto errori comuni

- COnfusione tra divisione fra interi e divisione fra reali
  - Stesso simbolo /, ma differente significato
- Tentativo di uso dell'operazione di modulo (%) con numeri reali, per i quali non è definita
- Uso erroneo dell'operatore di assegnamento (=) al posto dell'operatore di uguaglianza (==)

Tipi di dato primitivi

- **Numeri interi** (`int`)
  - Già trattati
- **Valori logici**
  - Già trattati quasi completamente, tranne i seguenti due argomenti, che vedremo in questa lezione:
    - Corto circuito logico
    - Espressione condizionale
- **Caratteri** (`char`)
- **Enumerati** (`enum`)
- **Numeri reali** (`float` e `double`)
- **Tipi e conversioni di tipo**



Tipi primitivi 1/3

- Tipi interi — Dimensioni tipiche
  - **`int`** (32 bit)
  - **`short int`** (o solo **`short`**) (16 bit)
  - **`long int`** (o solo **`long`**) (64 bit)
- Tipi naturali
  - **`unsigned int`** (o solo **`unsigned`**) (32 bit)
  - **`unsigned short int`** (o solo **`unsigned short`**) (16 bit)
  - **`unsigned long int`** (o solo **`unsigned long`**) (64 bit)
- Un oggetto *unsigned* ha **solo valori maggiori o uguali di 0**

Tipi primitivi 2/3

- Tipo carattere — Dimensioni tipiche
  - **`char`** (8 bit)
  - **`signed char`** (8 bit)
  - **`unsigned char`** (8 bit)
  - Come già discusso, a seconda delle implementazioni **`char`** è implicitamente **`signed`** (può avere anche valori negativi) o **`unsigned`**
- Tipo reale
  - **`float`**
  - **`double`**
  - **`long double`**

Tipi primitivi 3/3

- Tipo booleano
  - **`bool`**
- Tipo enumerato
  - **`enum`** <*nome_tipo*> **{**<*lista_nomi_costanti*>**}**

Domanda

- Che succede se si decrementa di una unità una variabile di tipo **`unsigned int`** oppure **`unsigned char`** che contiene il valore 0?

Risposta

- Si ha un overflow !!!!
  - Per quanto ci riguarda nella variabile finisce un valore casuale
  - Tale valore casuale potrebbe essere minore di 0?

Risposta

- No
  - Qualsiasi configurazione di bit utilizzata per rappresentare un numero senza segno rappresenta sempre un numero positivo o nullo

Limiti 1/3

- In C++, includendo **`<limits>`** si possono utilizzare le seguenti espressioni:

numeric_limits<nome_tipo>::min()

valore minimo per il tipo nome_tipo

numeric_limits<nome_tipo>::max()

valore massimo per il tipo nome_tipo

numeric_limits<nome_tipo>::digits

numero di cifre in base 2

numeric_limits<nome_tipo>::digits10

numero di cifre in base 10

numeric_limits<nome_tipo>::is_signed

true se nome_tipo ammette valori negativi

numeric_limits<nome_tipo>::is_integer

true se nome_tipo e' discreto (int, char, bool, enum, ...)

Limiti 2/3

- Le seguenti informazioni hanno significato per i numeri in virgola mobile:

numeric_limits<nome_tipo>::epsilon()

minimo valore tale che 1 + epsilon != 1

numeric_limits<nome_tipo>::round_error()

errore di arrotondamento

numeric_limits<nome_tipo>::min_exponent

esponente minimo in base 2, cioè valore minimo esp, tale che il numero di possa scrivere nella forma m*(2^esp)

numeric_limits<nome_tipo>::min_exponent10

esponente minimo in base 10, cioè valore minimo esp, tale che il numero di possa scrivere nella forma m*(10^esp)

Limiti 2/3

... continua per i numeri in virgola mobile:

numeric_limits<nome_tipo>::max_exponent

esponente massimo in base 2, cioè valore massimo esp, tale che il numero di possa scrivere nella forma m*(2^esp)

numeric_limits<nome_tipo>::max_exponent10

esponente massimo in base 10, cioè valore massimo esp, tale che il numero di possa scrivere nella forma m*(10^esp)

- Esercizio: *limiti.cc* della settima esercitazione

Espressioni eterogenee

- Non ci sono dubbi sul comportamento di un operatore fin quando tutti i suoi operandi sono dello stesso tipo, ossia sono, come si suol dire, **omogenei**
- Ma cosa succede, per esempio, con l'operatore di assegnamento se un valore di un certo tipo viene assegnato ad una variabile di un tipo diverso?
- E cose succede con un qualsiasi altro operatore binario se viene invocato con due argomenti di tipo diverso?
- Nomenclatura: nei precedenti due casi siamo in presenza di operandi di tipo **eterogeneo**
- In generale, definiamo eterogenea una espressione che contenga fattori o termini di tipo eterogeneo

Conversioni di tipo

- In presenza di operandi eterogenei per un dato operatore si hanno due possibilità:
  - Il programmatore inserisce **conversioni esplicite** per rendere gli operandi omogenee
  - Il programmatore non inserisce conversioni esplicite
    - In questo caso
      - se possibile, il compilatore effettua delle **conversioni implicite** (**coercion**),
      - oppure segnala errori di incompatibilità di tipo e la compilazione fallisce

Coercion

- Il C/C++ è un linguaggio a *tipizzazione forte*
  - Ossia il compilatore controlla il tipo degli operandi di ogni operazione per evitare operazioni illegali per tali tipi di dato o perdite di informazione
- Le conversioni implicite di tipo che non provocano perdita sono effettuate dal compilatore senza dare alcuna segnalazione
- Tuttavia, le conversioni implicite che possono provocare perdita di informazioni **non sono illegali**
  - Vengono tipicamente segnalate mediante ***warning***
- In generale le conversioni implicite avvengono a tempo di compilazione in funzione di un ben preciso insieme di regole
  - Vediamo prima le regole in caso di operandi eterogenei per operatori diversi dall'assegnamento, poi quelle in caso di assegnamenti eterogenei

Operandi eterogenei 1/2

- Regole utilizzate in presenza di **operandi eterogenei per un operatore binario diverso dall'assegnamento**
  - Ogni operando di tipo **`char`** o **`short`** viene convertito in **`int`**
  - Se, dopo l'esecuzione del passo precedente, gli operandi sono ancora eterogenei, si converte l'operando di tipo inferiore al tipo dell'operando di tipo superiore. La gerarchia dei tipi è:

CHAR < INT < UNSIGNED INT < LONG INT < UNSIGNED LONG INT < FLOAT < DOUBLE < LONG DOUBLE

- Oppure, trascurando gli unsigned:

  CHAR < INT < FLOAT < DOUBLE < LONG DOUBLE

Operandi eterogenei 2/2

- A questo punto i due operandi sono omogenei e viene invocata **l'operazione relativa all'operando di tipo più alto**
  - Anche il risultato sarà quindi dello stesso tipo dell'operando di tipo superiore

Esempi

```
int a, b, c; float x, y; double d;
```

a*b+c → espressione omogenea (int)

a*x+c → espressione eterogenea (float): prima a e poi c sono convertiti in float

x*y+x → espressione omogenea (float)

x*y+5-d → espressione eterogenea (double): 5 è convertito in float, poi il risultato di x*y+5 viene convertito in double

a*d+5*b-x → espressione eterogenea (double): a viene convertito in double, così come l'addendo (5*b) e la variabile x

Assegnamento eterogeneo

- L'espressione a destra dell'assegnamento viene valutata come descritto dalle regole per la valutazione di un'espressione omogenea o eterogenea viste finora
- Se il **tipo del risultato** di tale espressione è diverso da quello della variabile a sinistra dell'assegnamento, allora viene **convertito al tipo di tale variabile**
  - Se il tipo della variabile è gerarchicamente uguale o superiore al tipo del risultato dell'espressione, tale risultato viene convertito al tipo della variabile probabilmente senza perdita di informazione
  - Se il tipo della variabile è gerarchicamente inferiore al tipo del risultato dell'espressione, tale risultato viene convertito al tipo della variabile con alto rischio rischio di perdita di informazione
    - dovuto ad un numero inferiore di byte utilizzati per il tipo della variabile oppure, in generale, ad un diverso insieme di valori rappresentabili

Esempi 1/2

```
int   i = 4;      char  c = 'K';    double  d = 5.85;
```

```
i = c;        // conversione da char ad int
i = c+i;      /* conversione da char ad int di c per il calcolo di
                 (c+i) e poi assegnamento omogeneo */
d = c;        // char → double      d==75.
i = d;        /* sicuro troncamento della parte decimale (i==5)
c = d / i;    // evidente perdita di informazione
```

Esempi 2/2

```
int i=6, b=5;      float f=4.;                  double d=10.5;
```

`d = i;` → assegnamento eterogeneo (double ← int) → 6.
(Converte il valore di i in double e lo assegna a d)

`i=d;` → assegnamento eterogeneo (int ← double) → 10
(Tronca d alla parte intera ed effettua l'assegnamento ad i)

`i=i/b;` → assegnamento omogeneo (int ← int) → 1

`f=b/f;` → assegnamento omogeneo (float ← float) → 1.25
(Converte il b in float prima di dividere, perché f è float)

`i=b/f;` → assegnamento eterogeneo (int ← float) → 1
(L'espressione a destra diventa float perché b è float, tuttavia quando si effettua l'assegnamento, si guarda al tipo della variabile i)

Esercizio

```
int a, b=2;        float x=5.8, y=3.2;

a = static_cast<int>(x) % static_cast<int>(y); // a == ?
a = static_cast<int>(sqrt(49)); // a == ?

a = b + x;                  // è equivalente a quale nota-
                            // zione con conversioni
                            // esplicite: ?

y = b + x;                  // è equivalente a: ?

a = b + static_cast<int>(x+y);      // a == ?

a = b + static_cast<int>(x) + static_cast<int>(y);
                            // a == ?
```

Soluzione

```
int a, b=2;          float x=5.8, y=3.2;

a = static_cast<int>(x) % static_cast<int>(y); // a == 2
a = static_cast<int>(sqrt(49)); // a == 7

a = b + x;                    // è equivalente a:
      a = static_cast<int>(static_cast<float>(b)+x); → 7

y = b + x;                    // è equivalente a:
      y = static_cast<float>(b)+x; → 7.8
a = b + static_cast<int>(x+y);
      a=b+static_cast<int>(9.0); → a = 2 + 9 → 11
a = b + static_cast<int>(x) + static_cast<int>(y);
      a=b+static_cast<int>(5.8)+static_cast<int>(3.2);
            → a = 2 + 5 + 3 → 10
```

Perdita informazione 1/6

```
int varint = static_cast<int>(3.1415);
```

Perdita di informazione:

3.1415 ≠ `static_cast<double>(varint)`

```
long int varlong = 123456789;
short varshort = static_cast<short>(varlong);
```

Sicuro overflow e quindi valore casuale!

(il tipo short non è in grado di rappresentare un numero così grande)

- **Fondamentale**: in entrambi i casi non viene segnalato alcun errore a tempo di compilazione, né a tempo di esecuzione!

Perdita di informazione 2/6

- C'è infine un caso meno evidente ma più subdolo di perdita di informazione
- Abbiamo definito la *precisione* di un tipo di dato numerico come il numero massimo di cifre diverse rappresentabili mediante quel tipo di dato numerico
  - La precisione di un numero in virgola mobile è data dal numero di bit utilizzati per rappresentare la mantissa
  - E la precisione di un numero di tipo **`int`**?

Perdita di informazione 3/6

- Dal numero totale di bit utilizzati per rappresentare il numero
- Supponiamo quindi di aver memorizzato un numero senza cifre dopo la virgola all'interno di un oggetto di tipo **`double`**
- Supponiamo poi di assegnare il valore di tale oggetto di tipo **`double`** ad un oggetto di tipo **`int`** memorizzato su un numero di bit inferiore al numero di bit della mantissa dell'oggetto di tipo **`double`**
- Si potrebbe avere perdita di informazione?

Perdita di informazione 4/6

- Sì
- L'oggetto di tipo **`int`** potrebbe non essere in grado di rappresentare tutte le cifre
  - Ad esempio, supponiamo di poter rappresentare al più 4 cifre decimali con un **`int`** e che invece il valore sia 12543

- In particolare questo implica che il valore sarebbe numericamente troppo elevato, quindi per l'esattezza si avrebbe un *overflow*
  - Nel precedente esempio numerico, 12543 sarebbe più grande del massimo intero rappresentabile

Perdita di informazione 5/6

- Facciamo invece l'esempio contrario: supponiamo che sia il tipo **`int`** ad essere memorizzato su un numero di bit **maggiore** del numero di bit utilizzati per rappresentare la mantissa di un oggetto di tipo, per esempio, **`float`**
- Supponiamo però che, grazie all'uso dell'esponente, il tipo **`float`** sia in grado di rappresentare numeri più grandi di quelli rappresentabili con il tipo **`int`**
- In questo caso, si potrebbe avere perdita di informazione se si assegna il valore memorizzato nell'oggetto di tipo **`int`** all'oggetto di tipo **`float`**?

Perdita di informazione 6/6

- Sì
- L'oggetto di tipo **`float`** potrebbe non essere in grado di rappresentare tutte le cifre
- Questo non implica che il valore sarebbe numericamente troppo elevato, quindi non si avrebbe *overflow*
  - Si avrebbe semplicemente un **troncamento delle cifre del numero**
  - Ad esempio, considerando che il tipo **`float`** può rappresentare al più 6 cifre decimali diverse ed il numero fosse 1412332, sarebbe memorizzato come .141233e7, perdendo l'ultima cifra

Morale

- Le conversioni sono praticamente sempre pericolose
- Quando le si usa bisogna sapere quello che si fa
- L'elevata precisione dei moderni tipi numerici fa comunque sì che i fenomeni di perdita di informazione dovuti a cambi di precisione nelle conversioni generino conseguenze serie solo in applicazioni che effettuano elevate quantità di calcoli e/o che necessitano di risultati numerici molto accurati

Esercizi

- Per fissare bene i concetti sulle conversioni svolgere, tra gli altri, i seguenti esercizi per casa della settima esercitazione:
  - *divis_reale3.cc*
  - *int_reale_int.cc*
- Finire la settima esercitazione