Identificatori

- Sequenza (di lunghezza maggiore o uguale a 1) di lettere e cifre che inizia obbligatoriamente con una lettera. E' ammesso anche l'utilizzo dell'undescore _
- Maiuscole e minuscole sono diverse (il linguaggio C è **case-sensitive**)
- Es. corretti: pippo, pippo75, pi88ppo, num_di_elementi
- Es. scorretti: 75pippo, pi£ppo, num di elementi

Parole riservate

- **`auto, break, case, char, const, continue, default, define, do, double, else, enum, extern, float, for, goto, if, int, long, noalias, register, return, short, signed, sizeof, static, struct, switch, typedef, union, unsigned, void, volatile, while`**

- Tali parole non possono essere utilizzate come identificatori (proprio perché riservate come parole chiavi del linguaggio)

Commenti

- sequenze di caratteri racchiuse fra i delimitatori /* e */
- possono estendersi anche su più righe
- non possono essere innestati

Struttura di un programma C

- In prima battuta, la struttura di un programma C è definita nel modo seguente:

```
<programma> ::=
        {<unità-di-traduzione>}
        <main>
        {<unità-di-traduzione>}
```

- *Intuitivamente un programma in C è definito da tre parti:*
  - *una o più unità di traduzione,*
  - *il programma vero e proprio (main)*
  - *una o più unità di traduzione*

Struttura di un programma C

- La parte **<main>** è l'unica *obbligatoria*, definita come segue:

```
<main> ::=
        main() {
           [<dichiarazioni-e-definizioni>]
           [<sequenza-istruzioni>]
        }
```

- *Intuitivamente il main è definito dalla parola chiave main() seguita da parentesi graffe al cui interno troviamo*
  - *dichiarazioni e definizioni (opzionali)*
  - *una sequenza di istruzioni (opzionali)*

Struttura di un programma C

<dichiarazioni-e-definizioni>

- *introducono i nomi* di costanti, variabili, tipi definiti dall'utente

<sequenza-istruzioni>

- sequenza di frasi del linguaggio ognuna delle quali è un'istruzione

- Il **main()** è *una particolare unità di traduzione* (una *funzione*)

Tipi di dato

Costanti e variabili

- I **dati** che si usano in un programma possono essere delle **costanti** o delle **variabili**:
  - Le prime possono essere immaginate come dei contenitori di una informazione stabilita una volta per tutte e non più modificabile
  - Le seconde come dei contenitori di una informazione che può essere modificata nel corso del programma
- *NOTA:*
  Più avanti nel corso ritorneremo in maniera più precisa su questi concetti

Tipi di dato

- In C (come in tutti i linguaggi di programmazione) a ciascuna variabile e costante è associato anche il **TIPO**, ovvero la classe di valori che la costante o variabile può assumere nel corso dell'esecuzione del programma (e quindi gli operatori applicabili al valore in essa contenuto).

- L'associazione di un nome (di costante o di variabile) ad un tipo di dato non cambia mai durante l'esecuzione del programma.

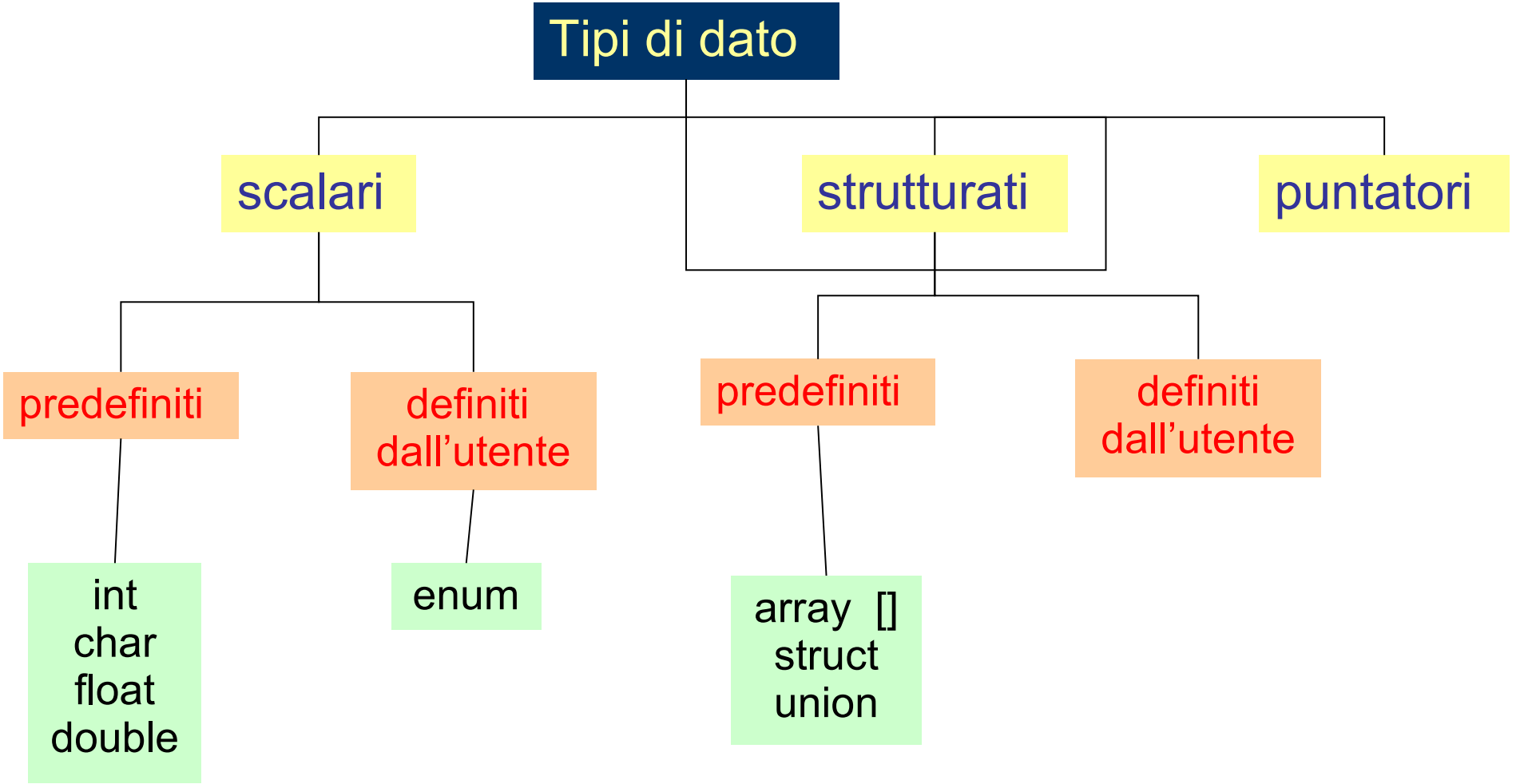
Tipi di dato

- Il concetto di *tipo di dato* viene introdotto quindi per raggiungere due obiettivi:
  - esprimere in modo sintetico
    - la rappresentazione dei dati in memoria
    - un insieme di operazioni ammissibili
  - permettere di *effettuare controlli statici* (al momento della compilazione) sulla ***correttezza*** del programma

Tipi di dato

Quali sono i tipi di dato ammissibili in C ?

Tipi di dato in C



Tipi di dato primitivi (predefiniti)

4 tipi di dato primitivi

- **char** (caratteri)
- **int** (interi)
- **float** (reali)
- **double** (reali in doppia precisione)

4 qualificatori di tipo

- **signed**
- **unsigned**
- **short**
- **long**

- *signed* e *unsigned* possono essere applicati solo ai tipi *char* e *int*
- *short* può essere applicato solo a *int*
- *long* può essere applicato solo a *int* e a *double*

Tipi di dato primitivi (predefiniti)

In sintesi, questa classificazione dà origine
a 12 tipi di dati semplici predefiniti:

- char
- unsigned char
- signed char

- float

- double
- long double

- [signed] short [int]
- [signed] int
- [signed] long [int]

- unsigned short [int]
- unsigned [int]
- unsigned long [int]

Significato dei qualificatori

- **short** e **long** condizionano lo spazio allocato dal compilatore per la memorizzazione delle variabili del tipo definito (*lo spazio effettivamente utilizzato dipende dalla macchina*)

- **signed** e **unsigned** condizionano l'uso che si può fare della memoria allocata

- In particolare, i qualificatori nelle loro combinazioni condizionano:
  - L' insieme dei valori assumibili da una variabile
  - Il valore massimo e minimo

Tipo **int**

- Il tipo "**int**" è ben diverso dal tipo INTERO inteso in senso matematico dove

  INTERO **Z** $\{-\infty,\ldots,-2,-1,0,+1,+2,\ldots,+\infty\}$

- Ovvero il tipo "**int**" ha un insieme di valori e di operazioni definibili su di essi limitato a priori:
  - L'insieme dei valori dipende dalla macchina
  - Normalmente il tipo "int" è memorizzato in una PAROLA DI MACCHINA (**WORD**), tipicamente lunga 16, 32 o 64 bit

Tipo **int**

- Per esempio se la macchina è a 32 bit un compilatore può (non è detto che ciò avvenga) prevedere un'allocazione di memoria inferiore per uno SHORT INT:

  16 bit $[-2^{15}, 2^{15}-1]$ ovvero [-32768, +32767]

  … e superiore per un LONG INT:

  32 bit $[-2^{31}, 2^{31}-1]$ ovvero [-2147483648, +2147483647]

- Ogni tentativo di assegnare un valore al di fuori del range ammissibile, produce un errore di **OVERFLOW** o **UNDERFLOW**

Tipo **int**

- Tuttavia non si ha alcuna garanzia sulla dimensione di allocazione. È possibile solo affermare con sicurezza che per ogni compilatore:

  Spazio allocato (short int) <= Spazio allocato (int) <= Spazio allocato (long int)

Ovvero:

sizeof(short int) <= sizeof(int) <= sizeof(long int)

Tipicamente…

- Se una macchina ha una parola di 32 bit
  - SHORT INT 16 bit
  - INT 32 bit
  - LONG INT 32 bit
- Se una macchina ha una parola di 16 bit
  - SHORT INT 16 bit
  - INT 16 bit
  - LONG INT 32 bit
- Se una macchina ha una parola di 64 bit
  - SHORT INT 16/32 bit
  - INT 64 bit
  - LONG INT 64 bit
- Gli unsigned int rappresentano valori interi non negativi e quindi guadagnano un bit per ampliare il range

Limiti

- I compilatori che seguono le raccomandazioni dello standard ANSI C mantengono all'interno dello header file <limits.h> l'indicazione del range di valori rappresentabili nei tipi interi.
- Ad esempio:
  - SHRT_MAX 32.767
  - SHRT_MIN -32.768
  - USHRT_MAX 65.535
  - INT_MAX 32.767
  - INT_MIN -32.768
  - UINT_MAX 65.535
  - LONG_MAX 2.147.483.647
  - LONG_MIN -2.147.483.648
  - ULONG_MAX 4.294.967.295

Operatori per il tipo int

- Al tipo **int** (e tipi ottenuti da questo mediante qualificazione) sono applicabili i seguenti operatori:

Operatori aritmetici	**Risultato**
+ - * /	int
% (resto divisione intera)	int

Operatori relazionali	**Risultato**
== !=	(0 se falso, ≠ 0 se vero)
< > <= >=	(0 se falso, ≠ 0 se vero)

Operatori per il tipo int

- + Addizione
- - Sottrazione
- * Moltiplicazione
- / Divisione intera Es., 5/3=1
- % Modulo (resto dalla divisione intera) Es., 5%3 = 2

- == Operatore relazionale di uguaglianza
  (ATT.: diverso dal simbolo = che denota l'operazione di assegnamento!)
- != Operatore relazionale di diversità
- > Operatore relazionale di maggiore stretto
- < Operatore relazionale di minore stretto
- >= Operatore relazionale di maggiore-uguale
- <= Operatore relazionale di minore-uguale

Operatori per il tipo int

- n++ Successivo di n (notazione postfissa)
- ++n Successivo di n (notazione prefissa)

- n-- Precedente di n (notazione postfissa)
- --n Precedente di n (notazione prefissa)

Tipi **float** e **double**

- Rappresentano (con *diversa precisione*) l'insieme dei numeri reali

- In realtà (*così come il tipo int e gli interi*) sono solo una approssimazione dei numeri reali,
  - sia come **precisione**
  - sia come **intervallo** di valori rappresentabili

Tipi **float** e **double**

- Tipicamente:
  - float 4 byte (32 bit)
  - double 8 byte (64 bit)
  - long double 10 byte (80 bit)

Tipo	Precisione	Valori
float	6 cifre decimali	3.4*10E-38 … 3.4*10E+38
double	6 cifre decimali	1.7*10E-308 … 1.7*10E+308

Limiti

- Anche per i numeri float e double esiste una libreria **<float.h>** che indica i limiti nel range ammissibile

- FLT_MAX_10_EXP +38
  il massimo valore di esponente per un float con base 10
- DBL_MAX_10_EXP +308
  il massimo valore di esponente per un double con base 10
- FLT_EPSILON 1.19209290E-07
  il più piccolo numero float tale che 1.0+x > 1.0
- DBL_EPSILON 2.22044…E-16
  il più piccolo numero double tale che 1.0+x > 1.0
- FLT_MIN_10_EXP -37
  il più piccolo valore di esponente che può essere rappresentato in un numero float con base 10

Operatori per i tipi float e double

Operatori aritmetici	**Risultato**
+ - * /	float o double

Operatori relazionali	**Risultato**
== !=	(0 se falso, ≠ 0 se vero)
< > <= >=	(0 se falso, ≠ 0 se vero)

Operatori per i tipi float e double

- + Addizione
- - Sottrazione
- * Moltiplicazione
- / Divisione reale
  (*anche se si usa lo stesso simbolo, è diversa da quella intera*)

- == Operatore relazionale di uguaglianza
  (ATT.: diverso dal simbolo = che denota l'operazione di assegnamento!)
- != Operatore relazionale di diversità
- > Operatore relazionale di maggiore stretto
- < Operatore relazionale di minore stretto
- >= Operatore relazionale di maggiore-uguale
- <= Operatore relazionale di minore-uguale

Attenzione!

- A causa della rappresentazione su di un numero finito di cifre, ci possono essere errori dovuti al troncamento o all'arrotondamento di alcune cifre decimali
- Meglio evitare l'uso dell'operatore **==**

- **I test di uguaglianza tra valori reali (in teoria uguali) potrebbero non essere verificati.**
- Es: se x e y sono due variabili float, allora non è detto che risulti verificata la seguente **(x / y) *y == x**

- Meglio utilizzare "**un margine accettabile di errore**":
  (x == y) → (x <= y+epsilon) && (x >= y-epsilon)
  (dove ad esempio si è posto: epsilon=0.000001)

Tipo **char**

- Nel linguaggio C (*a differenza di altri linguaggi*) il tipo **char** non denota un nuovo tipo, ma è equivalente al dominio dei valori interi rappresentati su di un byte (range 0-255)

- Poiché i **char** sono codificati come interi su di un byte valgono gli stessi operatori degli **int**

- Nelle operazioni, bisogna inoltre considerare che le tabelle ASCII dei caratteri occidentali rispettano il seguente ordinamento (detto lessicografico):

  ‘0’<‘1’<‘2’<…<‘9’<…<‘A’<‘B’<‘C’<…<‘Z’<…<‘a’<‘b’<‘c’<…<‘z’

- Vale la regole di prossimità all’interno di ciascuna di queste tre classi ovvero, il carattere successivo di ‘a’ è ‘b’, di ‘B’ è ‘C’, di ‘4’ è ‘5’, ecc.
- **Tuttavia le tre classi non sono contigue!**

Tipo **char**

Tipo	Dimensione	Valori
char	1 byte	-127 .. +128
unsigned char	1 byte	0 .. 255

Tipo *booleano*

- In altri linguaggi di programmazione i valori logici hanno un loro tipo predefinito

Nel linguaggio C, invece, non esiste un tipo booleano come tipo a sé stante!

- Pertanto si sfrutta il tipo int
  - Il valore 0 (zero) indica FALSO
  - Ogni valore diverso da 0 indica VERO
    (*per convenzione, talvolta, si usa 1 per denotare "vero", ma bisogna ricordare che è solo una convenzione*)

Costanti e variabili

Costanti

Una **costante** è una astrazione simbolica di un valore

- **interi** (in varie basi di rappresentazione)

base	*2 byte*	*4 byte*
decimale	**12**	**70000, 12L**
ottale	**014**	**0210560**
esadecimale	**0xFF**	**0x11170**

- **reali**
  - in doppia precisione **24.0 2.4E1 240.0E-1**
  - in singola precisione **24.0F 2.4E1F 240.0E-1F**

Costanti

- **caratteri**
  - singolo carattere racchiuso fra apici
    'A' 'C' '6'
  - caratteri speciali:
    '\n' '\t' '\"' '\\' '\'"

Costanti - stringhe

- Una **stringa** è una *sequenza di caratteri* delimitata da virgolette

  "ciao" "Hello\n"

- In C le stringhe sono semplici sequenze di caratteri di cui l'ultimo, *sempre presente in modo implicito,* è **'\0'**

  "ciao" = {'c', 'i', 'a', 'o', '\0'}

Dichiarazione di costanti

- Una dichiarazione di **costante** associa permanentemente un valore ad un identificatore
- Si attribuisce ad ogni costante un **tipo**
- Si utilizza la parola riservata **const**

- Sintassi:

  const <tipo> <identificatore> **=** <espr> ;

- Esempio
  - `const int N = 100;`
  - `const float pigreco = 3.1415;`
  - `const char sim = 'A';`

Variabili

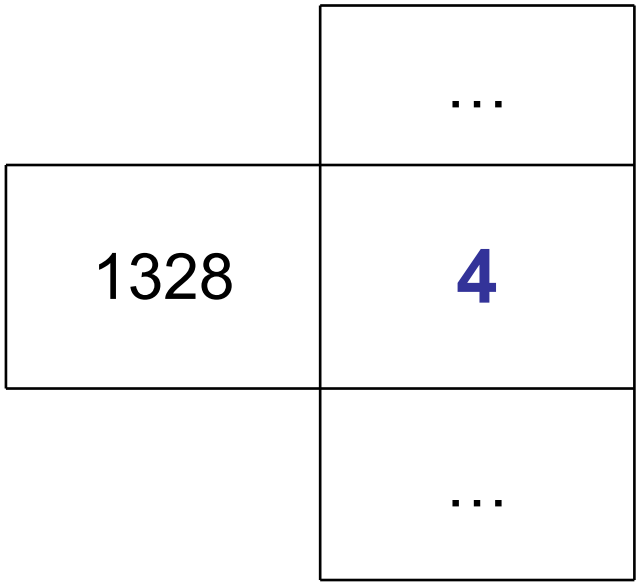
- Una **variabile** è un'astrazione della *cella di memoria*
- Formalmente, è un simbolo *associato a un indirizzo fisico* **(L-value)** ...

simbolo	***indirizzo***
x	1328

Perciò, L-value di x è 1328 (**fisso e immutabile!**)

Variabili

- … che denota un valore (**R-value**)



- … e R-value di x è *attualmente* 4 (può cambiare!)

Dichiarazione di variabili

- Una variabile utilizzata in un programma deve essere dichiarata

- La dichiarazione è composta da
  - il nome della variabile (identificatore)
  - il *tipo* dei valori (R-value) che possono essere denotati alla variabile

Dichiarazione di variabili

- Scopo:
  - Elencare tutte le variabili che saranno utilizzate nella parte esecutiva
  - Attribuire ad ogni variabile un tipo
  - È possibile raggruppare le dichiarazioni di più variabili dello stesso tipo in una lista separata da virgole

Dichiarazione di variabili

- Sintassi:

  <tipo> <identificatore>;

- Esempi:
  - int x; /* x deve denotare un valore intero */
  - float y; /* y deve denotare un valore reale */
  - char ch; /* ch deve denotare un carattere */
  - int a, b, c;
  - float z, w;

Inizializzazione di variabili

- Contestualmente alla *definizione* è possibile *specificare un valore iniziale* per una variabile

- Inizializzazione di una variabile:

  <tipo> <identificatore> = <espr> ;

- Esempio
  - int x = 32;
  - double speed = 124.6;

Caratteristiche delle variabili

- **campo d'azione** (**scope**): è la parte di programma in cui la variabile è nota e può essere manipolata
  - in C, Pascal: determinabile *staticamente*
  - in LISP: determinabile *dinamicamente*

- **tipo**: specifica la *classe di valori* che la variabile può assumere (e quindi gli operatori applicabili)

Caratteristiche delle variabili

- **tempo di vita:** è l'intervallo di tempo in cui rimane valida l'associazione simbolo/indirizzo fisico (L-VALUE)
  - in FORTRAN: allocazione *statica*
  - in C, Pascal: allocazione *dinamica*

- **valore**: è rappresentato (secondo la codifica adottata) nell'area di memoria associata alla variabile

Assegnamento di una variabile

Istruzione di assegnamento

- Ad una variabile può essere assegnato un valore nel corso del programma e non solo all'atto della inizializzazione

- L'**istruzione di assegnamento** viene utilizzata per assegnare ad una variabile (non ad una costante) il valore di una espressione

- Denotata mediante il simbolo **=**
  (diverso dall'operatore relazionale di uguaglianza che è denotato col simbolo ==)

Istruzione di assegnamento

SINTASSI:

<identificatore> = <espr> ;

Esempi:

a = 34;

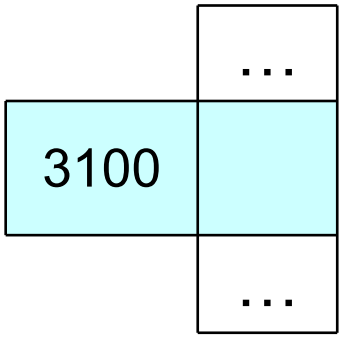
b = 34 + a*4;

Istruzione di assegnamento

Esempio

int N;

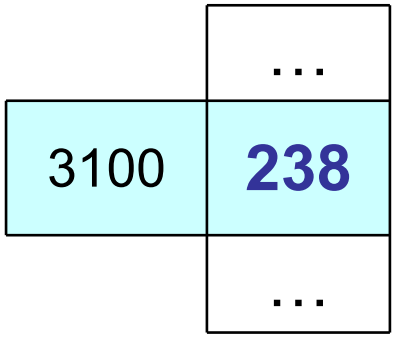
simbolo	*indirizzo*
N	3100



L'esecuzione di una **dichiarazione** provoca l'allocazione di uno spazio in memoria equivalente a quello necessario a contenere un dato del tipo specificato

N = 238;

simbolo	*indirizzo*
N	3100



L'esecuzione di un **assegnamento** provoca l'inserimento nello spazio relativo alla variabile del valore indicato a destra del simbolo =

Istruzione di assegnamento

- L'esecuzione di un'istruzione di assegnamento comporta innanzitutto la valutazione dell'espressione (a destra dell'assegnamento)
- Es:

```
c = 3;                  /* adesso c vale 3 */
d = (c+7)/2 -4;             /* adesso d vale 1 */
d = (d-c)*2;            /* adesso d vale -4 */
```

- Dopodiché, si inserisce il valore risultante nella locazione di memoria relativa alla variabile (posta a sinistra dell'assegnamento)

Operatori di assegnamento compatti

- Il C introduce una *forma particolare di assegnamento* che **ingloba anche un'operazione**:

<*identificatore*> **OP=** <espressione>

è **quasi equivalente** a:

<*identificatore*> **=** <*identificatore*> **OP** < espressione>

dove **OP** indica un operatore (ad esempio: **+**, **–**, *****, */*, **%**,…).

Operatori di assegnamento compatti

a = a+b; → a += b;

a = a-b; → a -= b;

a = a*b; → a *= b;

a = a/b; → a /= b;

a = a%b; → a %= b;