LIVELLI DI ASTRAZIONE

PROBLEMI } **LINGUAGGI DI SPECIFICA**

ALGORITMI } **DIAGRAMMI DI FLUSSO**

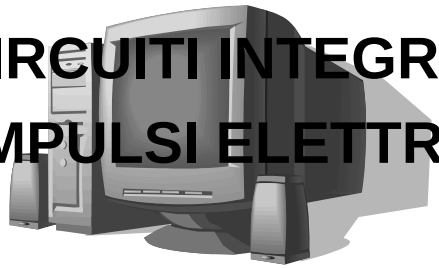
APPLICATIVI

SISTEMA OPERATIVO } **LINGUAGGIO C**

FUNZIONI ASSEMBLER } **VARIABILI**
OpCode SIMBOLICI

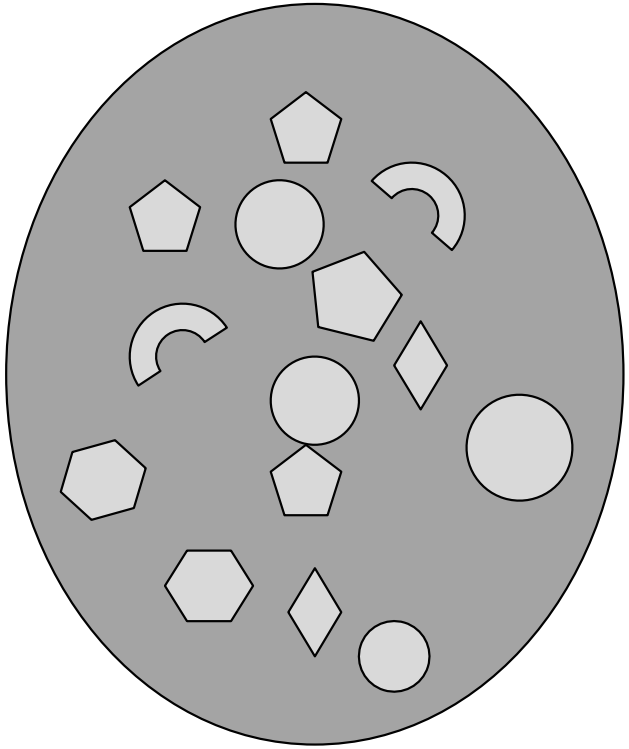
LINGUAGGIO MACCHINA } **NUMERI DECIMALI**

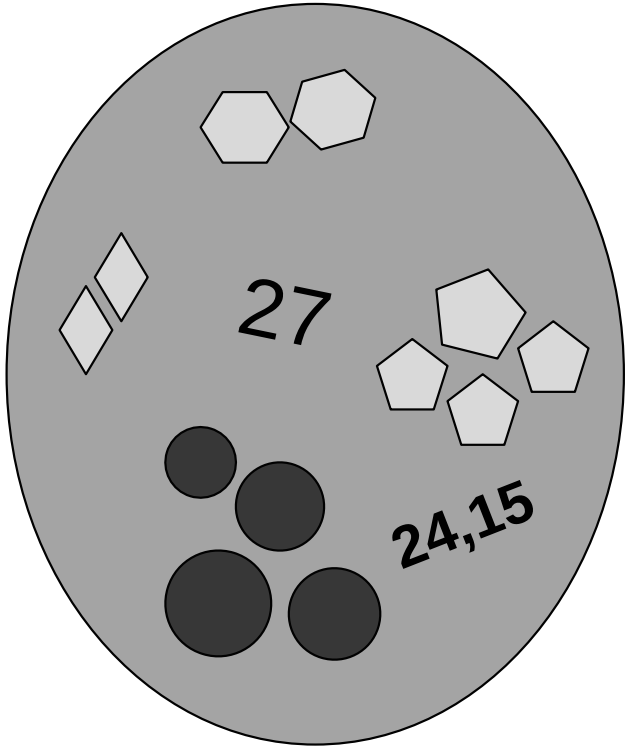
RETI LOGICHE
CIRCUITI INTEGRATI
IMPULSI ELETTRICI } **CODIFICA BINARIA DI DATI E ISTRUZIONI, ARITMETICA BINARIA**



PROBLEMI E SPECIFICHE

→ Come specificare un problema?





REQUISITI

- vincoli su azioni
- vincoli di tempo, risorse, …
- preferenze, …

DATI

- tipi
- dominio
- modalità di acquisizione

RISULTATI

- tipi
- dominio
- modalità di restituzione

LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE

- Un linguaggio di programmazione viene definito mediante:
  - **alfabeto** (o vocabolario)**:** stabilisce tutti i simboli che possono essere utilizzati nella scrittura di programmi
  - **sintassi:** specifica le regole grammaticali per la costruzione di frasi corrette (mediante la composizione di simboli)
  - **semantica:** associa un significato (ad esempio, in termini di azioni da eseguire) ad ogni frase sintatticamente corretta.

SEMANTICA

Attribuisce un significato ad ogni frase del linguaggio sintatticamente corretta.

- Molto spesso è definita **informalmente** (per esempio, a parole).
- Esistono **metodi formali** per definire la semantica di un linguaggio di programmazione in termini di…
  - azioni (semantica ***operazionale***)
  - funzioni matematiche (semantica ***denotazionale***)
  - formule logiche (semantica ***assiomatica***)

⇨ Benefici per
  ⇨ il **programmatore** (comprensione dei costrutti, prove formali di correttezza),
  ⇨ l'**implementatore** (costruzione del traduttore corretto),
  ⇨ il **progettista** di linguaggi (strumenti formali di progetto).

SINTASSI DI UN LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE

La sintassi di un linguaggio può essere descritta:

- in modo informale (ad esempio, *a parole*), oppure
- in modo formale (mediante una *grammatica formale*).

Grammatica formale:

è una notazione matematica che consente di esprimere in modo rigoroso la sintassi dei linguaggi di programmazione.

Un formalismo molto usato:

BNF (Backus-Naur Form)

GRAMMATICHE BNF

Una grammatica BNF è un insieme di 4 elementi:

1. un **alfabeto terminale** V: è l'insieme di tutti i simboli consentiti nella composizione di frasi sintatticamente corrette;
2. un **alfabeto non terminale** N (simboli indicati tra parentesi angolari **< … >**)
3. un insieme finito di **regole** (produzioni) P del tipo:

   X ::= A

   dove X$\in$ N, ed A è una sequenza di simboli α ("stringhe") tali che $\alpha \in (N \cup V)$.
4. un **assioma** (o simbolo iniziale, o scopo) S $\in$ N

ESEMPIO DI GRAMMATICA BNF

Esempio: il “linguaggio” per esprimere i naturali

V : { **0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9** }

N : { <naturale> , <cifra-non-nulla> , <cifra> }

P : <naturale> ::= **0** | <cifra-non-nulla> **{** <cifra> **}**
<cifra-non-nulla> ::= **1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9**
<cifra> ::= **0** | <cifra-non-nulla>

S : <naturale>

DERIVAZIONE

Una BNF definisce un **linguaggio** sull'alfabeto terminale, mediante un meccanismo di ***derivazione*** (o riscrittura):

Definizione:

Data una grammatica G e due stringhe β, γ elementi di $(N \cup V)^*$, si dice che

γ deriva direttamente da β

$(\beta \rightarrow \gamma)$

se le stringhe si possono decomporre in:

$\beta = \eta\ A\ \delta$ $\qquad\qquad$ $\gamma = \eta\ \alpha\ \delta$

ed esiste la produzione $A ::= \alpha$.

Si dice che γ **deriva da** β se: $\beta = \beta 0 \rightarrow \beta 1 \rightarrow \beta 2 \rightarrow \ldots \rightarrow \beta n = \gamma$

IL TOPO MANGIA IL GATTO

V : { **il , gatto , topo , Tom , Jerry , mangia** }

N : { <frase> , <soggetto> , <verbo> ,
<compl-oggetto> , <articolo> , <nome> }

S : <frase>

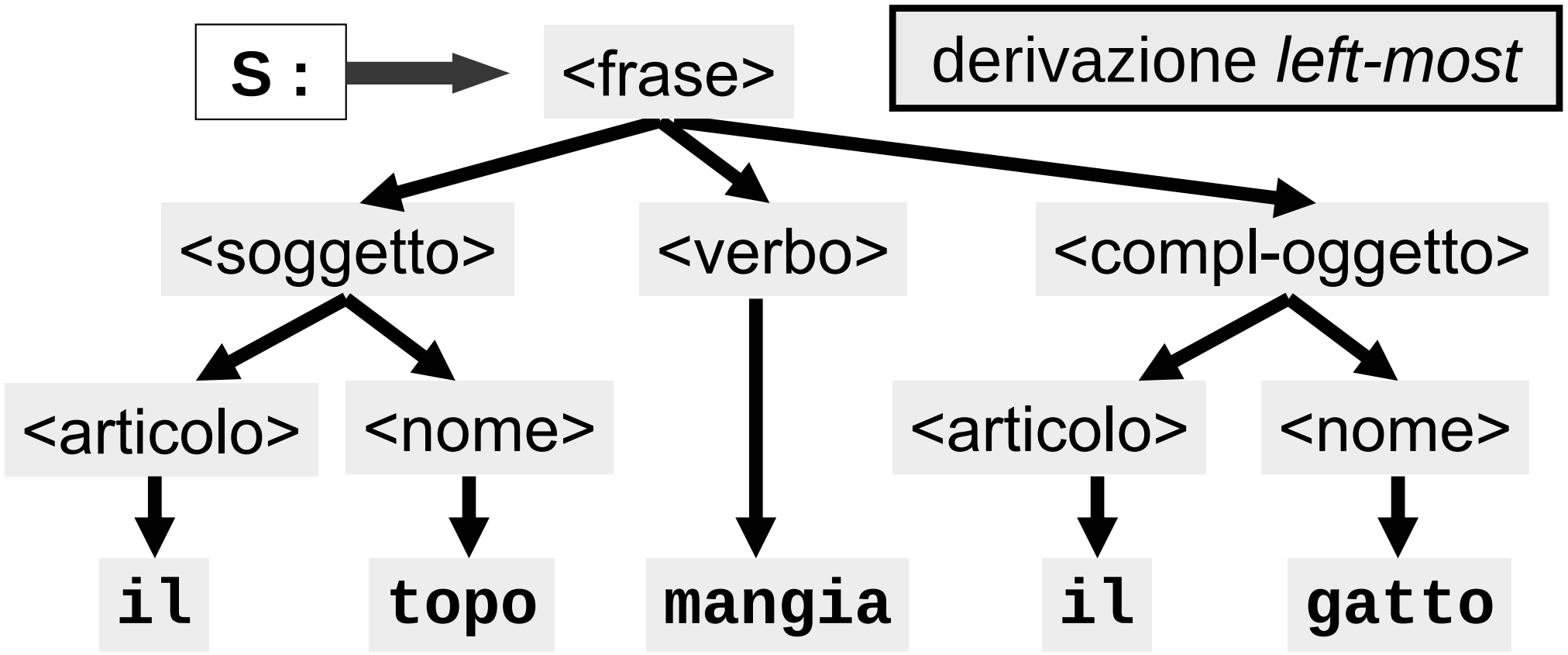
P *(**p**roduzioni) :*

<frase> ::= <soggetto> <verbo> <compl-oggetto>
<soggetto> ::= <articolo> <nome> | <nome-proprio>
<compl-oggetto> ::= <articolo> <nome> | <nome-proprio>
<articolo> ::= **il**
<nome> ::= **gatto | topo**
<nome-proprio> ::= **Tom | Jerry**
<verbo> ::= **mangia**

ALBERO SINTATTICO

Albero sintattico: esprime il processo di derivazione di una frase mediante una grammatica. Serve per analizzare la correttezza sintattica di una stringa di simboli terminali.

"**`il topo mangia il gatto`**"



DERIVAZIONE

A partire dall'assioma della grammatica, si riscrive sempre il non-terminale piu` a sinistra (*left-most*).

<frase>
→ <soggetto> <verbo> <compl-oggetto>
→ <articolo> <nome> <verbo> <compl-oggetto>
→ il <nome> <verbo> <compl-oggetto>
→ il topo <verbo> <compl-oggetto>
→ il topo mangia <compl-oggetto>
→ il topo mangia <articolo> <nome>
→ il topo mangia il <nome>
→ il topo mangia il gatto

OK!

LINGUAGGIO

Definizioni:

Data una grammatica G, si dice **linguaggio generato da G**, LG, l'insieme delle sequenze di simboli di V (frasi) derivabili, applicando le produzioni, a partire dal simbolo iniziale S.

Le frasi di un linguaggio di programmazione vengono dette **programmi** di tale linguaggio.

EBNF: BNF esteso

- **X ::= [a]B**
  a puo' comparire zero o una volta: equivale a **X ::= B | aB**

- **X ::= {a}^{n} B**
  a puo' comparire 0, 1, 2, …, n volte
  Es.: **X ::= {a}^{3} B** , equivale a **X ::= B | aB | aaB | aaaB**

- **X ::= {a} B**
  equivale a **X ::= B | aX** (*ricorsiva*)
  (a puo' comparire da 0 ad un massimo finito arbitrario di volte)

- **()** per raggruppare categorie sintattiche:
  Es.: **X ::= (a | b) D | c** equivale a **X ::= a D | b D | c**

Il linguaggio C

Progettato nel **1972** da D. M. Ritchie presso i laboratori AT&T Bell, per poter riscrivere in un linguaggio di alto livello il codice del sistema operativo UNIX.

Definizione formale nel **1978** (B.W. Kernigham e D. M. Ritchie)

Nel **1983** è stato definito uno standard (***ANSI C***) da parte dell'American National Standards Institute.

Alcune caratteristiche:

- Elevato potere espressivo:
  - ***Tipi di dato*** primitivi e tipi di dato definibili dall'utente
  - ***Strutture di controllo*** (programmazione strutturata, funzioni e procedure)

- Caratteristiche di basso livello
  - Gestione della memoria, accesso alla rappresentazione

Esempio di programma in C

```
#include <stdio.h>
main()  {
 // dichiarazione variabili
 int A, B;
 // input dei dati
 printf( "Immettere due numeri: " );
 scanf( "%d %d", &A, &B );
 // eseguo semisomma e mostro risult.
 printf( "Semisomma: %d\n", (A+B)/2 );
}
```

Elementi del testo di un programma C

Nel testo di un programma C possono comparire:

- ***parole chiave:*** sono parole riservate che esprimono istruzioni, tipi di dato, e altri elementi predefiniti nel linguaggio
- ***identificatori:*** nomi che rappresentano oggetti usati nel programma (ad esempio: variabili, costanti, tipi, funzioni, etc.)
- ***costanti:*** numeri (interi o reali), caratteri e stringhe
- ***operatori:*** sono simboli che consentono la combinazione di dati in espressioni
- ***commenti***

Parole chiave

Esprimono istruzioni, tipi di dato,e altri elementi predefiniti nel linguaggio

Sono parole riservate (cioè non possono essere utilizzate come identificatori)

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

Identificatori

Un identificatore è un nome che denota un oggetto usato nel programma (es.: **variabili**, **costanti**, **tipi**, **funzioni**).

- **Deve iniziare con una lettera (o con il carattere '_'),** alla quale possono seguire lettere e cifre in numero qualunque:

<identificatore> ::= <lettera> { <lettera> | <cifra> }

- distinzione tra maiuscole e minuscole (***case-sensitive***)

Es.: **Alfa , beta , Gamma1 , X3** sono identificatori validi
3X , int *non* sono identificatori validi

Regola Generale:

prima di essere *usato*, ogni identificatore deve essere gia` stato **definito** in una parte di testo precedente.

Costanti

Valori interi : Rappresentano numeri relativi (quindi con segno):

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

Valori reali :

`24.0` **`2.4E1`** **`240.0E-1`**

Suffissi:		**`l`**, **`L`**, **`u`**, **`U`**	(interi - long, unsigned)
		`f`, **`F`**	(reali - floating)
Prefissi:	**`0`**	(ottale)	**`0x`**, **`0X`** (esadecimale)

Caratteri : Insieme dei caratteri disponibili (è dipendente dalla realizzazione). In genere, ASCII esteso (256 caratteri). Si indicano tra apici singoli:

`'a'` **`'A'`** **`' '`**

`'1'` **`';'`** **`'\''`**

Costanti

Caratteri speciali: sono caratteri ai quali non è associato alcun simbolo grafico, ai quali è associato un significato predefinito

newline	`'\n'`	se stampato, provoca l'avanzamento alla *linea* successiva
backspace	`'\b'`	se stampato, provoca l'arretramento al *carattere* precedente
form feed	`'\f'`	se stampato, provoca l'avanzamento alla *pagina* successiva
carriage return	`'\r'`	se stampato, provoca l'arretramento all'inizio della linea corrente

ecc.

Stringhe: Sono sequenze di caratteri tra doppi apici.

`"a"` **`"aaa"`** **`""`** (stringa nulla)

Commenti:

Sono sequenze di caratteri ignorate dal compilatore:

- vanno racchiuse tra `/*` e `*/` …
- …oppure precedute da `//`

```
/* questo codice non deve essere eseguito:
int X, Y;
*/
int A, B; // ho cambiato i nomi alle variabili
```

- I commenti vengono generalmente usati per introdurre ***note esplicative*** nel codice di un programma.

Struttura di un programma C

Nel caso più semplice, un programma C consiste in:

```
<programma>  ::=   [ <parte-dich-globale> ]
                       { <dich-funzione> }
                       <main>
                       { <dich-funzione> }
<main>       ::=  main() {
                     <parte-dichiarazioni>
                     <parte-istruzioni> }
```

dichiarazioni: oggetti che verranno utilizzati dal main (variabili, tipi, costanti, etichette, etc.);

istruzioni: implementano l'algoritmo risolutivo utilizzato, mediante istruzioni del linguaggio.

Formalmente, **il main è una funzione**

Esempio:

```
#include <stdio.h>
main()  {
  // dichiarazione variabili
  int A, B;
  // input dei dati
  printf( "Immettere due numeri: " );
  scanf( "%d %d", &A, &B );
  // eseguo semisomma e mostro risult.
  printf( "Semisomma: %d\n", (A+B)/2 );
}
```

dichiarazioni

istruzioni

Variabili

Una **variabile** rappresenta un dato che può cambiare il proprio valore durante l'esecuzione del programma.

In generale: nei linguaggi di alto livello una variabile è caratterizzata da un **nome** (***identificatore***) e 4 attributi base:

1. ***scope*** (***campo d'azione***), è l'insieme di istruzioni del programma in cui la variabile è nota e può essere manipolata;
   - C, Pascal, determinabile staticamente
   - LISP, dinamicamente
2. ***tempo di vita*** (o ***durata*** o ***estensione***), è l'intervallo di tempo in cui un'area di memoria è legata alla variabile;
   - FORTRAN, allocazione statica
   - C, Pascal, allocazione dinamica
3. ***valore***, è rappresentato (secondo la codifica adottata) nell'area di memoria legata alla variabile;
4. ***tipo***, definisce l'insieme dei valori che la variabile può assumere e degli operatori applicabili.

Variabili in C

- Ogni variabile, per poter essere utilizzata dalle istruzioni del programma, deve essere preventivamente definita.
- La definizione di variabile associa ad un identificatore (nome della variabile) un tipo.

<def-variabili> ::=
<identificatore-tipo> <identif-variabile> {, <identif-variabile> } ;

Esempi:

```
int  A, B, SUM;/* Variabili A, B, SUM intere  */
float     root, Root;  /* Variab. root, Root reali */
char      C ;          /* Variabile C carattere */
```

Effetto della definizione di variabile:

- La definizione di una variabile provoca come effetto l'**allocazione in memoria** della variabile specificata (allocazione automatica).
- Ogni istruzione successiva alla definizione di una variabile A, potrà utilizzare A

Assegnamento

- L’ assegnamento è l’operazione con cui si attribuisce un (nuovo) valore ad una variabile.
- Il concetto di variabile nel linguaggio C rappresenta un’astrazione della cella di memoria.
- L’assegnamento, quindi, è l'astrazione dell'operazione di scrittura nella cella che la variabile rappresenta.

Esempi:

```
/* a, X e Y sono variabili */
int a ;
float X , Y ;
   ...
/* assegnamento ad a del valore 100: */
   a = 100 ;
/* assegnamento a Y del risultato di una espr.
   aritmetica: */
   Y = 2 * 3.14 * X ;
```

Tipo di dato

Il **tipo di dato** rappresenta una categoria di dati caratterizzati da proprietà comuni.

In particolare:

un tipo di dato T è definito:

- dall'insieme di **valori (dominio)** che le variabili di tipo T possono assumere;
- dall'insieme di **operazioni** che possono essere applicate ad operandi del tipo T.

Per esempio:

Consideriamo i numeri naturali

Tipo_naturali = [**N**, {+, -, *, /, =, >, <, … }]

- **N** è il *dominio*
- {+, -, *, /, =, >, <, … } è l'insieme delle operazioni effettuabili sui valori del dominio.

Il Tipo di dato

Un linguaggio di programmmazione è ***tipato*** se prevede ***costrutti specifici*** per attribuire tipi ai dati utilizzati nei programmi.

Se un linguaggio è tipato:

- Ogni dato (variabile o costante) del programma deve appartenere ad uno ed un solo tipo.
- Ogni operatore richiede operandi di tipo specifico e produce risultati di tipo specifico.

Vantaggi:

- **Astrazione**: l'utente esprime e manipola i dati ad un livello di astrazione più alto della loro organizzazione fisica (bit !). Maggior portabilità.
- **Protezione**: Il linguaggio protegge l'utente da combinazioni errate di dati ed operatori (controllo statico sull'uso di variabili, etc. in fase di compilazione).
- **Portabilità**: l'indipendenza dall'architettura rende possibile la compilazione dello stesso programma su macchine profondamente diverse.

Il tipo di dato in C

Il C è un linguaggio tipato.

Classificazione dei tipi di dato in C: due criteri di classificazione "ortogonali"

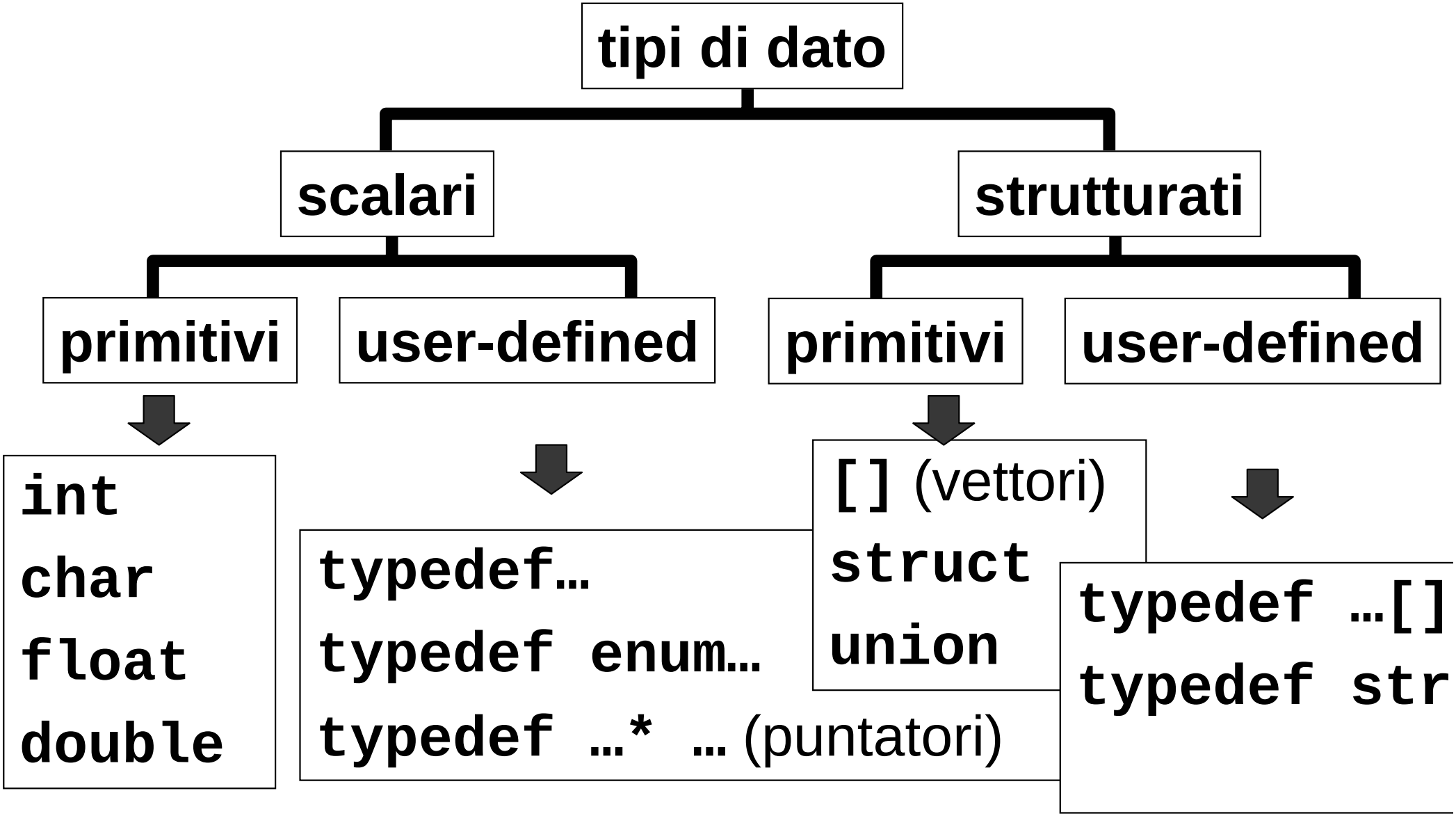
1. Si distingue tra:

- ***tipi scalari***, il cui dominio è costituito da elementi atomici, cioè logicamente non scomponibili.
- ***tipi strutturati***, il cui dominio è costituito da elementi non atomici (e quindi scomponibili in altri componenti).

2. Inoltre, si distingue tra:

- ***tipi primitivi***: sono tipi di dato previsti dal linguaggio (*built-in*) e quindi rappresentabili direttamente.
- ***tipi non primitivi***: sono tipi definibili dall'utente (mediante appositi costruttori di tipo, v. **`typedef`**).

Classificazione dei tipi di dato in C



Tipi scalari primitivi

Il C prevede quattro tipi scalari primitivi:

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

Il tipo `int`

Dominio:

Il dominio associato al tipo **`int`** rappresenta l'insieme dei numeri interi con segno: ogni variabile di tipo **`int`** è quindi l'astrazione di un intero.

Esempio: definizione di una variabile intera.

(È la frase mediante la quale si *introduce* una nuova variabile nel programma.)

```
int A; /* A è una variabile intera */
```

- ⇨ Poiché si ha sempre a disposizione un numero finito di bit per la rappresentazione dei numeri interi, il dominio rappresentabile è di estensione finita.
- ⇨ Es: se il numero *n* di bit a disposizione per la rappresentazione di un intero è 16, allora il dominio rappresentabile è composto di:

$$(2^n) = 2^{16} = 65.536 \text{ valori}$$

Quantificatori e qualificatori

A dati di tipo `int` è possibile applicare i quantificatori *short* e *long*: influiscono sullo spazio in memoria richiesto per l'allocazione del dato.

- **`short`: la rappresentazione della variabile in memoria puo` utilizzare un numero di bit ridotto rispetto alla norma.**
- **`long`: la rappresentazione della variabile in memoria puo` utilizzare un numero di bit aumentato rispetto alla norma.**

Esempio:

```
int X;    /* se X e` su 16 bit..*/
long int Y;      /*..Y e` su 32 bit */
```

I quantificatori possono influire sul dominio delle variabili:

➔ Il dominio di un **`long int`** puo` essere piu` esteso del dominio di un int.

➔ Il dominio di uno **`short int`** puo` essere piu` limitato del dominio di un int.

Gli effetti di short e long sui dati dipendono strettamente dalla realizzazione del linguaggio.

In generale:

spazio(short int) ≤ spazio(int) ≤ spazio(long int)

Quantificatori e qualificatori

A dati di tipo `int` e` possibile applicare i qualificatori *signed* e *unsigned*:

- **`signed`**: viene usato un bit per rappresentare il segno.Quindi l'intervallo rappresentabile e`:

$$[-2^{n-1}-1, +2^{n-1}-1]$$

- **`unsigned`**: vengono rappresentati valori a priori positivi. Intervallo rappresentabile:

$$[0, (2^{n}-1)]$$

I qualificatori condizionano il dominio dei dati.

Il tipo int

Operatori:

Al tipo int (e tipi ottenuti da questo mediante qualificazione/quantificazione) sono applicabili gli operatori ***aritmetici***, ***relazionali*** e ***logici***.

Operatori aritmetici:

forniscono risultato intero:

`+ , -, *, /`	somma, sottrazione, prodotto, divisione intera.
`%`	operatore modulo: calcola il resto della divisione intera. **`10%3` → `1`**
`++, --`	incremento e decremento: richiedono un solo operando (una variabile) e possono essere postfissi (a++) o prefissi (++a) (v. espressioni)

Operatori relazionali

Si applicano ad operandi interi e producono risultati *logici* (o "*booleani*").

Booleani: sono grandezze il cui dominio e` di due soli valori (valori logici): {*vero*, *falso*}

Operatori relazionali:

==, != uguaglianza (**==**), disuguaglianza(**!=**):

10==3 → *falso*

10!=3 → *vero*

<, >, <=, >= minore, maggiore, minore o uguale, maggiore o uguale

10>=3 → *vero*

Booleani

Sono dati il cui dominio e` di due soli valori (valori logici):

{*vero*, *falso*}

➔ in C **non esiste un tipo primitivo per rappresentare dati booleani** !

Come vengono rappresentati i risultati di espressioni relazionali ?

Il C prevede che i valori logici restituiti da espressioni relazionali vengano rappresentati attraverso gli interi {0,1} secondo la convenzione:

- *0* equivale a *falso*
- *1* equivale a *vero*

Ad esempio:

l'espressione A == B restituisce:

→ 0, se la relazione non e` vera
→ 1 , se la relazione e` vera

Operatori logici

Si applicano ad operandi di tipo logico (in C: **`int`**) e producono risultati *booleani (*cioe` interi appartenenti all'insieme {0,1}).

In particolare l'insieme degli operatori logici e`:

&& operatore AND logico

|| operatore OR logico

! operatore di negazione (NOT)

Definizione degli operatori logici:

a	**b**	**a&&b**	**a||b**	**!a**
falso	*falso*	*falso*	*falso*	*vero*
falso	*vero*	*falso*	*vero*	*vero*
vero	*falso*	*falso*	*vero*	*falso*
vero	*vero*	*vero*	*vero*	*falso*

Operatori Logici in C

In C, gli operandi di operatori logici sono di tipo int:

- se il valore di un operando e` **diverso da zero**, viene interpretato come ***vero***.
- se il valore di un operando e` **uguale a zero**, viene interpretato come ***falso***.

Definizione degli operatori logici in C:

a	**b**	**a&&b**	**a||b**	**!a**
0	0	0	0	1
0	$\neq 0$	0	1	1
$\neq 0$	0	0	1	0
$\neq 0$	$\neq 0$	1	1	0

Operatori tra interi: esempi

37 / 3
37 % 3
7 < 3
7 >=3
5 >=5
0 || 1
0 || -123
15||0
12 && 2
0 && 17
! 2

I tipi reali: `float` e `double`

Dominio:
Concettualmente, è l'insieme dei numeri reali R.

In realtà, è un sottoinsieme di R :

- limitatezza del dominio (limitato numero di bit per la rappresentazione del valore).
- precisione limitata: numero di bit finito per la rappresentazione della parte frazionaria (*mantissa*)

Lo spazio allocato per ogni numero reale (e quindi l'insieme dei valori rappresentabili) dipende dalla realizzazione del linguaggio (e, in particolare, dal metodo di rappresentazione adottato).

Differenza tra float/double:

`float`	singola precisione
`double`	doppia precisione (maggiore numero di bit per la *mantissa*)

➔ Alle variabili **`double`** e` possibile applicare il quantificatore **`long`**, per aumentare ulteriormente la precisione: spazio(float) <= spazio(double) <= spazio(long double)

Esempio: definizione di variabili reali

```
float x;/* x e` una variabile reale "a singola precisione"*/
double A, B; /* A e B sono reali "a doppia precisione"*/
```

I tipi `float` e `double`

Operatori: per dati di tipo reale sono disponibili operatori aritmetici e relazionali.

Operatori aritmetici:

+, **-**, ***** , */* si applicano a operandi reali e producono risultati reali

Operatori relazionali: hanno lo stesso significato visto nel caso degli interi:

==, != uguale, diverso

<, >, <=, >= minore, maggiore etc.

Operazioni su reali: esempi

5.0 / 2 →
2.1 / 2 →
7.1 < 4.55 →
17== 121 →

➔ A causa della rappresentazione finita, ci possono essere errori di conversione. Ad esempio, i test di uguaglianza tra valori reali (in teoria uguali) potrebbero non essere verificati.

(x / y) * y == x

Meglio utilizzare "un margine accettabile di errore":

(X == Y) → **`(X<=Y+epsilon) && (X>=Y-epsilon)`**

dove, ad esempio: **`float epsilon=0.000001;`**

Il tipo char

Dominio:

È l'insieme dei caratteri disponibili sul sistema di elaborazione (set di caratteri).

Comprende:

- le lettere dell'alfabeto
- le cifre decimali
- i simboli di punteggiatura
- altri simboli di vario tipo (@, #, $ etc.)
- caratteri speciali (backspace, carriage return, ecc.)
- ...

Tabella dei Codici

Il dominio coincide con l'insieme rappresentato da una ***tabella dei codici****, dove*, ad ogni carattere viene associato un intero che lo identifica univocamente (il ***codice***).

- Il dominio associato al tipo char e` **ordinato**: l'ordine dipende dal codice associato ai vari caratteri.

La tabella dei codici ascii

ASCII value	Character	Control character	ASCII value	Character	ASCII value	Character	ASCII value	Character
0	(null)	NUL	32	(space)	64	@	96	
1	☺	SOH	33	!	65	A	97	a
2	☻	STX	34	"	66	B	98	b
3	♥	ETX	35	#	67	C	99	c
4	♦	EOT	36	$	68	D	100	d
5	♣	ENQ	37	%	69	E	101	e
6	♠	ACK	38	&	70	F	102	f
7	(beep)	BEL	39	'	71	G	103	g
8	◘	BS	40	(	72	H	104	h
9	(tab)	HT	41	)	73	I	105	i
10	(line feed)	LF	42	*	74	J	106	j
11	(home)	VT	43	+	75	K	107	k
12	(form feed)	FF	44	,	76	L	108	l
13	(carriage return)	CR	45	-	77	M	109	m
14	♫	SO	46	.	78	N	110	n
15	☼	SI	47	/	79	O	111	o
16	►	DLE	48	0	80	P	112	p
17	◄	DC1	49	1	81	Q	113	q
18	↕	DC2	50	2	82	R	114	r
19	!!	DC3	51	3	83	S	115	s
20	π	DC4	52	4	84	T	116	t
21	§	NAK	53	5	85	U	117	u
22	▬	SYN	54	6	86	V	118	v
23	↨	ETB	55	7	87	W	119	w
24	↑	CAN	56	8	88	X	120	x
25	↓	EM	57	9	89	Y	121	y
26	→	SUB	58	:	90	Z	122	z
27	←	ESC	59	;	91	[	123	{
28	(cursor right)	FS	60	<	92	\	124	|
29	(cursor left)	GS	61	=	93	]	125	}
30	(cursor up)	RS	62	>	94	^	126	~
31	(cursor down)	US	63	?	95	_	127	⌂

Il tipo char

Definizione di variabili di tipo char: esempio

```
char C1, C2;
```

Costanti di tipo char:

Ogni valore di tipo char viene specificato tra singoli apici.

```
'a' 'b'    'A'    '0'    '2'
```

Rappresentazione dei caratteri in C:

Il linguaggio C rappresenta i dati di tipo char come degli interi su 8 bit:

- ogni valore di tipo char viene rappresentato dal suo **codice** (cioe`, dall'intero che lo indica nella tabella ASCII)

➔ Il dominio associato al tipo **`char`** e` **ordinato**: l'ordine dipende dal codice associato ai vari caratteri nella tabella di riferimento.

Il tipo char: Operatori

I char sono rappresentati da interi (su 8 bit):

➔ sui char è possibile eseguire tutte le operazioni previste per gli interi. Ogni operazione, infatti, e` applicata ai codici associati agli operandi.

Operatori relazionali:

==,!=,<,<=,>=,> per i quali valgono le stesse regole viste per gli interi

Ad esempio:

```
char x,y;
```

x < y se e solo se codice(x) < codice(y)

'a'>'b' *falso* perché codice(**'a'**) < codice(**'b'**)

Operatori aritmetici:

sono gli stessi visti per gli interi.

Operatori logici:

sono gli stessi visti per gli interi.

Operazioni sui char: esempi

Esempi:

'A' < 'C' →

' " ' + ' ! ' →

! 'A' →

'A' && 'a' →

OVERLOADING

- In C (come in Pascal, Fortran e molti altri linguaggi) operazioni primitive associate a tipi diversi possono essere denotate con lo stesso simbolo (ad esempio, le operazioni aritmetiche su reali o interi).
- In realtà l'operazione è diversa e può produrre risultati diversi. Per esempio:

```
int X,Y;
se X = 10 e Y = 4;
X/Y vale …
```

```
int X; float Y;
se X = 10 e Y = 4.0;
X/Y vale …
```

```
float X,Y;
se X = 10.0 e Y = 4.0;
X/Y vale …
```

CONVERSIONI DI TIPO

In C è possibile combinare tra di loro operandi di tipo diverso:

- espressioni **omogenee**: tutti gli operandi sono dello stesso tipo
- espressioni **eterogenee**: gli operandi sono di tipi diversi.

- **Regola adottata in C:**
  - sono eseguibili le espressioni eterogenee in cui tutti i tipi referenziati risultano ***compatibili*** (cioè: dopo l'applicazione della **regola automatica di conversione implicita** di tipo del C risultano omogenei).

Conversione implicita di tipo

Data una espressione *x op y.*

1. Ogni variabile di tipo **char** o **short** viene convertita nel tipo **int**;

2. Se dopo l'esecuzione del passo 1 l'espressione è ancora eterogenea, rispetto alla seguente gerarchia

   `int < long < float < double < long double`

   si converte temporaneamente l'operando di tipo *inferiore* al tipo *superiore* (***promotion***);

3. A questo punto l'espressione è **omogenea.** L'operazione specificata puo` essere eseguita se il tipo degli operandi e` compatibile con il tipo dell'operatore. Il risultato è di tipo uguale a quello prodotto dall'operatore effettivamente eseguito.

Conversione implicita di tipo: esempio

```
int x;
char y;
double r;
(x+y) / r
```

Hp: La valutazione dell'espressione procede da sinistra verso destra

- **Passo 1**: **`(x+y)`**
  - **`y`** viene convertito nell'intero corrispondente
  - viene applicata la somma tra interi
  - **risultato <u>intero</u>: *`tmp`***
- **Passo 2**
  - ***`tmp`*** **`/ r`** ***`tmp`*** viene convertito nel double corrispondente
  - viene applicata la divisione tra reali
  - **risultato reale (*double*)**

Conversione esplicita di tipo

In C si può forzare la conversione di un dato in un tipo specificato, mediante l'operatore di *cast*:

(<nuovo tipo>) <dato>

➔ il <dato> viene convertito esplicitamente nel <nuovo tipo>.

Esempio:

```
int A, B;
float C;
C=A/(float)B;
```

➔ viene eseguita la divisione tra reali.

Definizione / inizializzazione di variabili di tipo semplice

Definizione di variabili

Tutti gli identificatori di tipo primitivo descritti fin qui possono essere utilizzati per definire variabili.

Ad esempio:

```
char lettera;
int, x, y;
unsigned int P;
float media;
```

Inizializzazione di variabili

E` possibile specificare un valore iniziale di una variabile in fase di definizione.

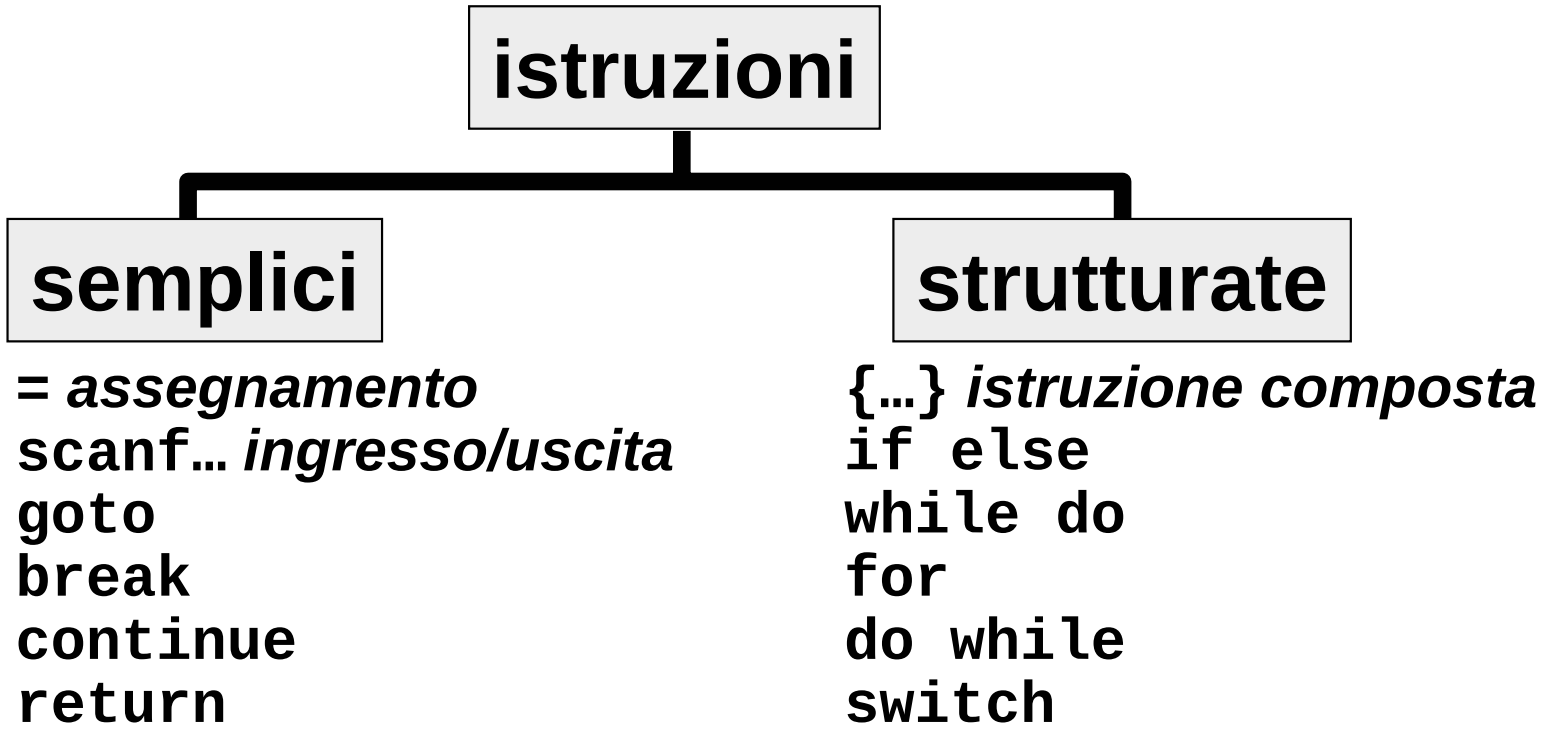
Ad esempio:

```
int x =10;
char y = ‘a’;
double r = 3.14*2;
int z=x+5;
```

Istruzioni: classificazione

In C, le istruzioni possono essere classificate in due categorie:

- istruzioni **semplici**
- istruzioni **strutturate**: si esprimono mediante composizione di altre istruzioni (semplici e/o strutturate).



Istruzione di Assegnamento

- È l'istruzione con cui si modifica il valore di una variabile.

Mediante l'assegnamento, si scrive un nuovo valore nella cella di memoria che rappresenta la variabile specificata.

Sintassi:

<istruzione-assegnamento> ::=
<identificatore-variabile> **=** <espressione>**;**

Ad esempio:

```
int A, B;

A=20;
B=A*5; /* B=100 */
```

Compatibilità di tipo ed assegnamento:

In un assegnamento, l'identificatore di variabile e l'espressione devono essere dello stesso tipo (eventualmente, conversione implicita oppure ***coercizione***).

Assegnamento e Coercizione

Facendo riferimento alla gerarchia dei tipi semplici:

`int < long < float < double < long double`

consideriamo l'assegnamento:

V=E;

Quando la variabile V e` di un tipo di *rango inferiore* rispetto al tipo dell'espressione E l'assegnamento prevede la conversione forzata (***coercizione***) di E nel tipo di V.

Ad esempio:

```
float k=1.5;
int x;
x=k;   /*il valore di k viene convertito forzatamente
   nella sua parte intera: x assume il valore 1  ! */
```

Esempio:

```
main()
{
/*definizioni variabili: */
char y='a'; /*codice(a)=97*/
int     x,X,Y;
unsigned int Z;
float SUM;
double r;

/* parte istruzioni: */
X=27;
Y=343;
Z = X + Y -300;
X = Z / 10 + 23;
Y = (X + Z) / 10 * 10;
X = X + 70;
Y  = Y % 10;
Z = Z + X -70;
SUM = Z * 10;
x=y;
x=y+x;
r=y+1.33;
x=r;
}
```

Assegnamento come operatore

Formalmente, **l'istruzione di assegnamento è un'espressione**:

- Il simbolo **=** è un operatore:
  - → l'istruzione di assegnamento è una espressione
  - → ritorna un valore:
    - il valore restituito è quello assegnato alla variabile a sinistra del simbolo =
    - il tipo del valore restituito è lo stesso tipo della variabile oggetto dell'assegnamento

Ad esempio:

```
int valore=122;
int K, M;

K=valore+100;

M=(K=K/2)+1;
```

Assegnamento abbreviato

In C sono disponibili operatori che realizzano particolari forme di assegnamento:

- operatori di incremento e decremento
- operatori di assegnamento abbreviato
- operatore sequenziale

- **Operatori di incremento e decremento:**

  Determinano l'incremento/decremento del valore della variabile a cui sono applicati.

  Restituiscono come risultato il valore incrementato/decrementato della variabile a cui sono applicati.

```
int A=10;

A++;/*equivale a: A=A+1; */
A--;/*equivale a: A=A-1; */
```

Differenza tra notazione prefissa e postfissa:

- Notazione **Prefissa**: (ad esempio, ++A) significa che l'incremento viene fatto prima dell'impiego del valore di A nella espressione.
- Notazione **Postfissa**: (ad esempio, A++) significa che l'incremento viene effettuato dopo l'impiego del valore di A nella espressione.

Incremento & decremento: esempi

```
int A=10, B;
char C='a';

B=++A;
B=A++;
C++;

int i, j, k;
k = 5;
i = ++k;
j = i + k++;

j = i + k++;
```

- In C l'ordine di valutazione degli operandi non e' indicato dallo standard: si possono scrivere espressioni il cui valore e` difficile da predire:

```
k = 5;
j = ++k * k++; /* quale effetto ?*/
```

Operatori di assegnamento abbreviato

E` un modo sintetico per modificare il valore di una variabile.

Sia v una variabile, op un'operatore (ad esempio, +,-,/, etc.), ed e una espressione.

v op = e

è quasi equivalente a:

v = v op (e)

Ad esempio:

```
k += j;              /*  equivale a k = k + j  */
k *= a + b;          /*  equivale a k = k * (a + b)  */
```

Le due forme sono ***quasi*** equivalenti perchè:

- in ***v op= e*** v viene valutato una sola volta;
- in ***v = v op (e)*** v viene valutato due volte.

Operatore sequenziale

Un'espressione sequenziale (o di ***concatenazione***) si ottiene concatenando tra loro più espressioni con l'operatore virgola (**,**).

(<espr1>, <espr2>, <espr3>, .. <esprN>)

- Il risultato prodotto da un'espressione sequenziale e` il risultato ottenuto dall'ultima espressione della sequenza.
- La valutazione dell'espressione avviene valutando nell'ordine testuale le espressioni componenti, **da sinistra verso destra**.

Esempio:

```
int A=1;
char B;
A=(B='k', ++A, A*2);
```

Precedenza e Associatività degli Operatori

In ogni espressione, gli operatori sono valutati secondo una **precedenza** stabilita dallo standard, seguendo opportune regole di **associatività**:

- La **precedenza** (o priorità) indica l'ordine con cui vengono valutati operatori diversi;
- L'**associatività** indica l'ordine in cui operatori di pari priorità (cioè, stessa precedenza) vengono valutati.

➔ E` possibile forzare le regole di precedenza mediante l'uso delle parentesi.

Precedenza & associatività degli operatori C

Precedenza	Operatore	Simbolo	Associatività
1 (max)	chiamate a funzione selezioni	`()` `[]` `->` `.`	a sinistra

2	operatori unari:
	op. negazione
	op. aritmetici unari
	op. incr. / decr.
	op. indir. e deref.
	op. sizeof
		
		`!` `~`
		`+` `-`
		`++` `--`
		`&` `*`
		`sizeof`
			a destra

3	op. moltiplicativi	`*` `/` `%`	a sinistra
4	op. additivi	`+` `-`	a sinistra

Precedenza & associatività degli operatori C (continua)

Precedenza	**Operatore**	**Simbolo**	**Associatività**
5	op. di shift	`>>` `<<`	a sinistra
6	op. relazionali	`<` `<=` `>` `>=`	a sinistra
7	op. uguaglianza	`==` `!=`	a sinistra
8	op. di AND bit a bit	`&`	a sinistra
9	op. di XOR bit a bit	`^`	a sinistra
10	op. di OR bit a bit	`|`	a sinistra
11	op. di AND logico	`&&`	a sinistra
12	op. di OR logico	`||`	a sinistra
13	op. condizionale	`?...:`	a destra
14	op. assegnamento e sue varianti	`=` `+=` `-=` `*=` `/=` `%=` `&=` `^=` `|=` `<<=` `>>=`	a destra
15 (min)	op. concatenazione	`,`	a sinistra

Esempi

Sia V=5, A=17, B=34. Determinare il valore delle seguenti espressioni :

A<=20 || A>=40

! (B=A*2)

A<=B && A<=V

A<=(B&&A)<=V

A>=B && A>=V

! (A<=B && A<=V)

! (A>=B) || !(A<=V)

(A++, B=A, V++, A+B+V++)