
# Linguaggio C:
# Istruzioni Strutturate

# Programmazione strutturata (Dijkstra, 1969)

La programmazione strutturata nasce come proposta per regolamentare e standardizzare le metodologie di programmazione.

**Obiettivo**:

rendere piu' facile la lettura dei programmi (e quindi la loro modifica e manutenzione).

**Idea di base:**

Ogni programma viene visto come un comando (complesso, o *strutturato*) ottenuto componendo altri comandi mediante alcune regole di composizione (***strutture di controllo***).

**Strutture di controllo:**

- **concatenazione** (o composizione, blocco);
- **alternativa** (o istruzione condizionale)
- **ripetizione** (o iterazione)

Si puo` dimostrare (*teorema Böhm-Jacopini*) che queste strutture sono sufficienti per esprimere qualunque algoritmo.

# Programmazione Strutturata

Ogni programma viene visto come un comando (complesso, o *strutturato*) ottenuto componendo altri comandi **soltanto mediante le** 3 ***strutture di controllo***: concatenazione, alternativa e ripetizione.

NB: Altre strutture non possono essere utilizzate ➔ abolizione dei *salti incondizionati* (***goto***) nel flusso di controllo.

# Programmazione Strutturata

**Vantaggi**:

- leggibilita` dei programmi

- supporto a metodologia di progetto ***top-down***: soluzione di problemi complessi attraverso scomposizione in sotto-problemi, a loro volta scomponibili in sotto problemi, etc. La soluzione si ottiene componendo le soluzioni dei sottoproblemi attraverso **concatenazione**, **alternativa** e **ripetizione**.

- supporto a metodologia ***bottom-up***: la soluzione di problemi avviene aggregando componenti gia` disponibili mediante **concatenazione**, **alternativa** e **ripetizione** (programmazione ***per componenti***).

- facilita` di **verifica** e **manutenzione**

# Teorema di Böhm e Jacopini

***Th:*** le strutture di **concatenazione**, **alternativa** e **ripetizione** costituiscono un **insieme completo** in grado di esprimere tutte le funzioni calcolabili.

**Ne consegue che:**

1. Un linguaggio composto dalle istruzioni:
   - lettura, scrittura (scanf, printf)
   - assegnamento

   } istruzioni semplici
   - istruzione di concatenazione (o composta) : **{...}**
   - istruzione alternativa ( o condizionale): **`if...else...`**
   - istruzione di ripetizione (o iterazione): **`while...`**

e` **un linguaggio completo** (cioe` , in grado di esprimere tutte le funzioni calcolabili).

2. L'uso di queste sole strutture di controllo non limita il potere espressivo.

# Istruzioni strutturate in C

Il C e` un linguaggio strutturato.

**3 Categorie di istruzioni strutturate:**

- istruzione ***composta***: ( o blocco) { }
- istruzioni ***alternative***: `if`, `switch`
- istruzioni ***ripetitive (o iterative)***: `while`, `do`, `for`

**NB**: ogni istruzione strutturata e` sintatticamente equivalente a una singola istruzione (strutturata).

# Istruzione composta { }

L'istruzione composta (o blocco)serve per aggregare una sequenza di istruzioni **in un'unica istruzione strutturata**.

**Sintassi**:

```
{
   <Dichiarazioni e Definizioni>
   <Sequenza di Istruzioni>
}
```

<sequenza-istruzioni> ::= <istruzione> {; <istruzione> }

**Effetto**:

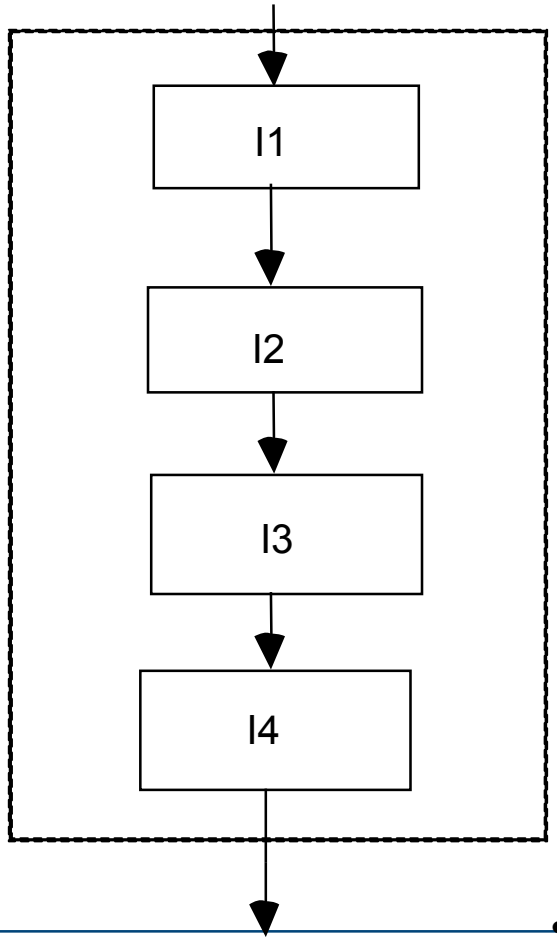
esecuzione delle istruzioni componenti nell'ordine testuale.

# Istruzione Composta

**Esempio:**

```
{  I1;
   I2
   I3;
   I4;
}
```

e` equivalente a:



# Istruzione Composta

**Dichiarazioni e definizioni:**

E` possibile inserire in un blocco definizioni di variabili; per tali variabili il campo di azione e` individuato dal blocco in cui sono definite (cioe`, hanno **visibilità** limitata al blocco).

**Ad esempio:**

```
main()
{
 int X;
  ...
  {    int A; /* def. locale al blocco */
       A=100;
       printf("Valore di A: %d\n", A);
  }
  A=X; /* errore!! qui A non e` visibile*/
...
}
```

# Istruzioni di alternativa: `if`

## Sintassi:

```
if (<selettore>)
    <istruzione1>
  [else
    <istruzione2>]
```

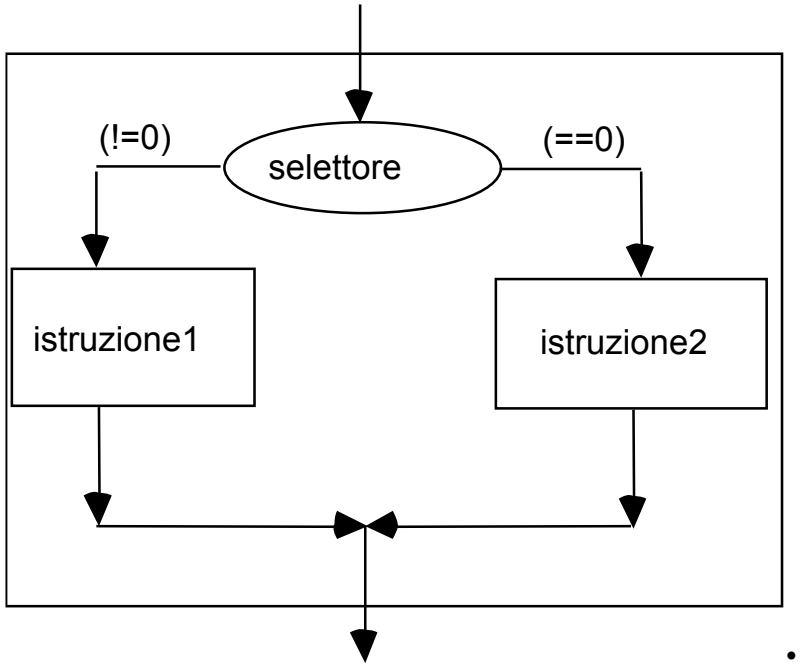
## Sintassi:

- viene selezionata una e una sola tra le istruzioni componenti (<istruzione1> e <istruzione2>) in base al risultato di una condizione (<selettore>):
  - se il valore di <selettore> è vero (cioe` , diverso da zero) viene eseguita <istruzione1>,
  - altrimenti (se il valore di <selettore> è falso) viene eseguita <istruzione2>.

# Istruzioni di alternativa: `if`

```
if (<selettore>)
      <istruzione1>
  else
      <istruzione2>
```

e` equivalente a



# Istruzione if: esempio

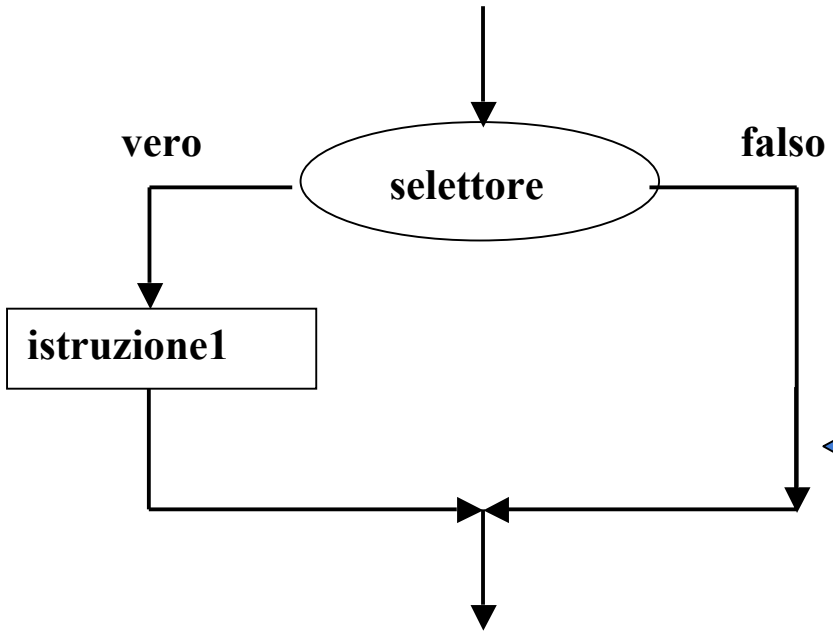
```
#include <stdio.h>
main()
{ int A, B;
scanf("%d%d", &A, &B);
if (B==0)
   printf ("B vale zero!\n");
else
   printf("Quoziente: %d\n", A/B);
printf("Fine!\n");
}
```

***Indentazione***:

- il rientro (*indent*) delle linee del testo del programma descrive l'annidamento delle varie istruzioni → si aumenta la leggibilita` del programma (modifica piu` facile).

# ISTRUZIONE if

```
<scelta> ::=  if (<selettore>) <istruzione1>
              [ else <istruzione2> ]
```




**La parte else è opzionale**: se omessa, in caso di condizione falsa si passa subito all'istruzione che segue l'if:

```
if (<selettore>)
        <istruzione1>;
```

# Istruzione if: esempio

La parte else dell'istruzione if è opzionale:

```
#include <stdio.h>
main()
{ int A, B;
scanf("%d%d", &A, &B);
if (B!=0)
      printf("Quoziente:%d\n", A/B);
printf("Fine!\n");
}
```

# Istruzione if

- <istruzione1> e <istruzione2> sono ciascuna una **singola istruzione**
- Se in una alternativa occorre specificare **più istruzioni**, si deve quindi utilizzare un **blocco**:

```
if (n > 0)
  {  /* inizio blocco */
     a = b + 5;
     c = a;
  }  /* fine  blocco */
else
  n = b;
```

# Esempio

```
/* determina il maggiore tra due numeri */

#include <stdio.h>
void main()
{
  int primo,secondo;

  scanf("%d%d",&primo,&secondo);
  if (primo >secondo)
       printf("%d",primo);
  else printf("%d",secondo);
}
```

# Istruzioni if annidate

Come caso particolare, <istruzione1> o <istruzione2> potrebbero essere un altro if :

```
if (n > 0)
  if (a>b) n = a; /* if "annidato"*/
  else n = b; /* a quale if e` riferito? */
```

➔ Attenzione ad associare le parti else (che sono opzionali) all' if corretto:

**Regola :**
l'**`else`** è sempre associato all'**`if`** più "interno"

```
if (n > 0)
        if (a>b) n = a;
        else n = b; /* e` riferito a if (a>b) */
```

➔ **Per associare l'else all'if piu` esterno dobbiamo usare il blocco:**

```
if (n > 0)
  { if (a>b) n = a; }
else n = b; /* riferito a if(n>0) */
```

## Esempio: soluzione di un'equazione di secondo grado

```
/* Programma che calcola le radici di un'equazione di
   secondo grado: ax2+bx+c=0 */
#include <stdio.h>
#include <math.h> /*libreria standard matematica*/
main()
{
   float a,b,c; /*coefficienti e termine noto*/
   float  d,x1,x2;

   scanf("%f%f%f",&a,&b,&c);
   if ((b*b) < (4*a*c))
       printf("%s","radici complesse");
   else
   {
       d=sqrt(b*b-4*a*c); /*sqrt: funzione di libreria */
       x1=(-b+d)/(2*a);
       x2=(-b-d)/(2*a);
       printf("\nRadici reali: %f\t%f",x1,x2);
   }
}
```

## Esempio: if

Risolvere un sistema lineare di due equazioni in due incognite:

$$\begin{cases} a1\,x + b1\,y = c1 \\ a2\,x + b2\,y = c2 \end{cases}$$

Utilizzeremo le formule:

$$x = (c1\ b2 - c2\ b1) / (a1\ b2 - a2\ b1) = XN / D$$
$$y = (a1\ c2 - a2\ c1) / (a1\ b2 - a2\ b1) = YN / D$$

# Esempio: soluzione

```
#include <stdio.h>
main()
{ float   A1,B1,C1,A2,B2,C2,XN,YN,D;
  float  X,Y;
  scanf("%f%f%f",&A1,&B1,&C1);
  scanf("%f%f%f",&A2,&B2,&C2);
  XN = (C1*B2 - C2*B1);
  D =  (A1*B2 - A2*B1);
  YN = (A1*C2 - A2*C1);
  if (D == 0)
     {if ((XN == 0)||(YN==0))
        printf("sist. indeterm.\n");
      else
        printf("Nessuna soluz.\n");
     }
  else
     {X= XN/D;
      Y= YN/D;
      printf("%f%f\n",X,Y);
     }
}
```

# ESEMPIO

Dati tre valori *a* , *b* , *c* che rappresentano le lunghezze di tre segmenti, valutare se possono essere i tre lati di un triangolo, e se sì deciderne il tipo (scaleno, isoscele, equilatero).

**Vincolo**: la somma di ogni coppia di lati deve essere maggiore del terzo lato.

**Rappresentazione delle informazioni:**

- la variabile booleana `triangolo` indica se i tre segmenti possono costruire un triangolo
- le variabili booleane `scaleno`, `isoscele` e `equil`, indicano il tipo di triangolo.

# ESEMPIO

**Specifica:**

se *a*+*b*>c and a+c>b and b+c>a
    triangolo = vero
    se a=b=c  { equil=isoscele=vero
                scaleno=falso }
    altrimenti
      se a=b o b=c o a=c { isoscele=vero;
                          equil=scaleno=falso }
      altrimenti
          { scaleno=vero;
            equil=isoscele=falso }
altrimenti
          triangolo = falso

# Soluzione:

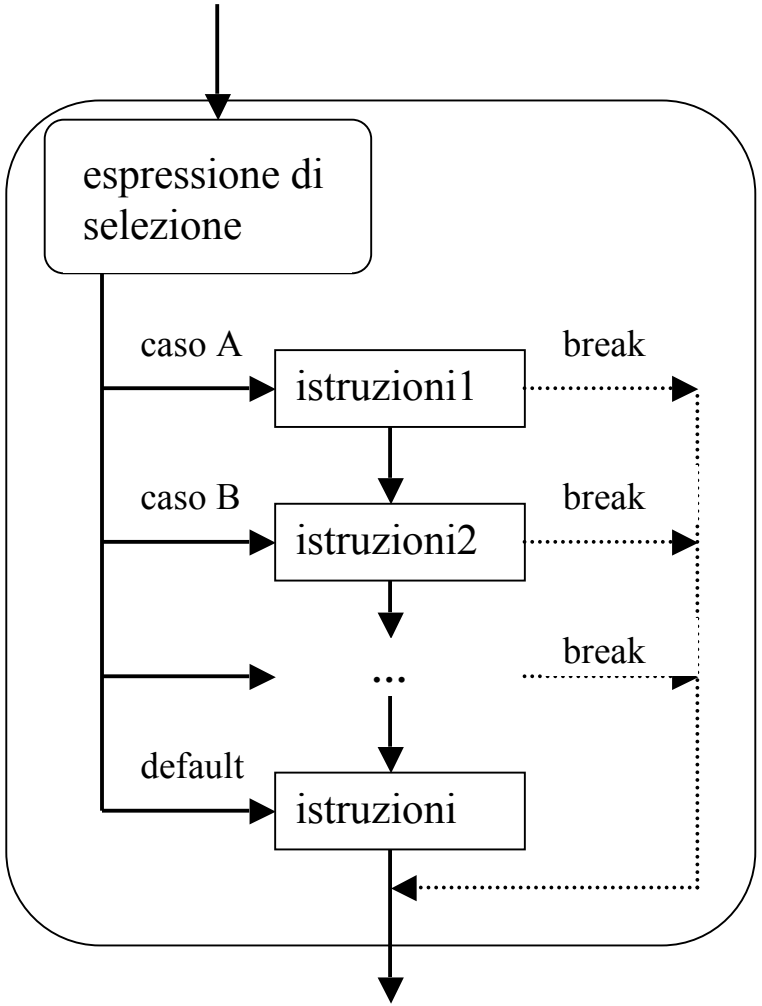
```
#include <stdio.h>
main (){
  float a, b, c;
  int triangolo, scaleno, isoscele, equil;
  scanf("%f%f%f", &a, &b, &c);
   triangolo = (a+b>c);
  if (triangolo) {
   if ((a==b) && (b==c))
     { equil=isoscele=1; scaleno=0; }
   else
       if (a==b || b==c || a==c)
         { isoscele=1; scaleno=equil=0;}
       else
         { scaleno=1; isoscele=equil=0;}
    } /* continua..*/
```

# Soluzione

```
if (triangolo)
  if (equil)   printf("\nEquilatero!\n");
  else
     if (isoscele)
          printf("\nIsoscele!\n");
     else printf("\nScaleno!\n");
else printf("\n Non e` un triangolo..\n");
}/* fine main*/
```

# Istruzione di scelta multipla: `switch`

- Consente di scegliere fra molte istruzioni (alternative o meno) in base al valore di una espressione di selezione.
- L'espressione di selezione (*selettore*) deve denotare un valore enumerabile (intero, carattere,…).



# Istruzione di scelta multipla: `switch`

**Sintassi**:

```
switch (<selettore>)
{
  case <costante1>: <blocco1>; [break;]
  case <costante2>: <blocco2>; [break;]
  ...
  case <costanteN>: <bloccoN>; [break;]
  [default: <bloccoDiDefault>;]
}
```

**Dove:**

- **<selettore>** e` un'espressione di tipo enumerabile (intero o char)
- **<costante1>**, **<costante2>** ecc. sono costanti dello stesso tipo del selettore (**etichette**)
- **<blocco1>**, **<blocco2>** , ecc. sono sequenze di istruzioni .

# Istruzione di scelta multipla: `switch`

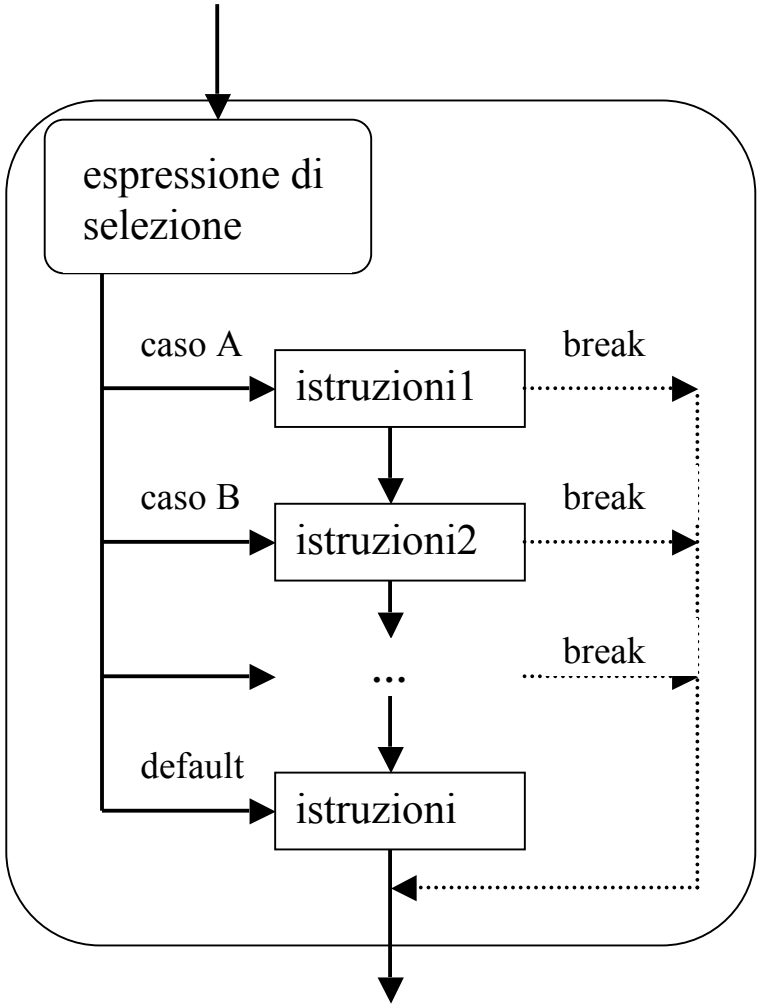
```
switch (<selettore>)
{
  case <costante1>: <blocco1>; [break;]
  case <costante2>: <blocco2>; [break;]
  ...
  case <costanteN>: <bloccoN>; [break;]
  [default: <bloccoDiDefault>;]
}
```

**Significato:**

- Il valore dell'esepressione <selettore> viene confrontato con ogni etichetta (<costante1>, <costante2>, ecc.) nell'ordine testuale.
- Se l'espressione <selettore> restituisce un valore uguale ad una delle costanti indicate (per esempio <costantei>), si esegue il <bloccoi> e tutti i blocchi dei rami successivi.
- I blocchi **non sono** mutuamente esclusivi: possibilità di eseguire in sequenza più blocchi di istruzioni.

# switch

I vari rami **non sono mutuamente esclusivi:** imboccato un ramo, si eseguono anche tutti i rami successivi a meno che non ci sia il comando break a forzare esplicitamente l'uscita.



# Switch: esempio

**Calcolo della durata di un mese: 12 rami mutuamente esclusivi**

```
int mese;
...
switch (mese)
    {
    case 1 : giorni = 31; break;
    case 2:  if (bisestile) giorni = 29;
             else giorni = 28;
             break;
    case 3:  giorni = 31;  break;
    case 4:  giorni = 30;  break;
    case 5:  giorni =31;   break;
    case 6:  giorni = 30;  break;
    case 7:  giorni =31;   break;
    case 8:  giorni =31;   break;
    case 9:  giorni =30;   break;
    case 10:  giorni =31;   break;
    case 11:  giorni =31;   break;
    case 12:  giorni = 31;
    }
```

# Esempio switch

**Oppure**, soluzione piu` sintetica mediante il ramo **`default`**:

```
switch (mese)
{
case 2:
  if (bisestile) giorni = 29;
  else giorni = 28;
  break;
case 4:  giorni = 30;  break;
case 6:  giorni = 30;  break;
case 9:  giorni = 30;  break;
case 11:  giorni = 30;  break;
default:  giorni = 31;
}
```

# Esempio switch

**Oppure**:

```
switch (mese)
{
case 2:
  if (bisestile) giorni = 29;
  else giorni = 28;
  break;
case 4:
case 6:
case 9:
case 11:  giorni = 30;  break;
default:  giorni = 31;
}
```

# Istruzioni di Iterazione

```
<iterazione> ::=
        <while> | <for> | <do-while>
```

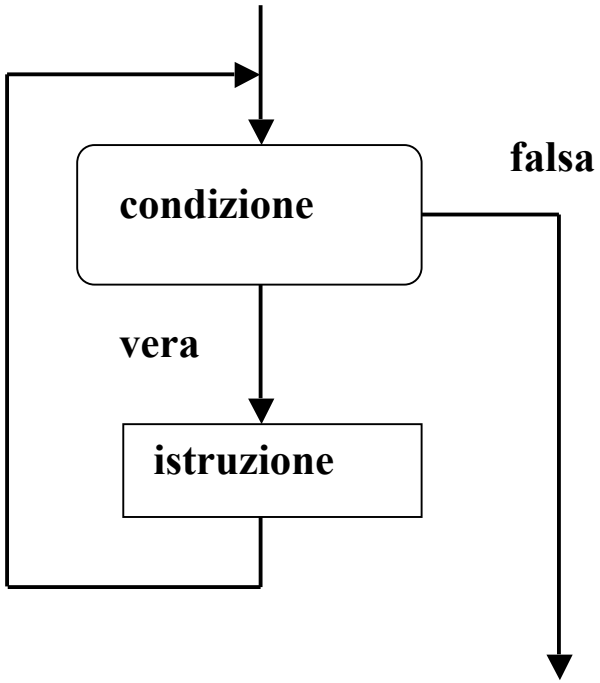
## Le istruzioni di iterazione:

- hanno *un solo punto di ingresso* e *un solo punto di uscita* nel flusso del programma
- perciò possono essere interpretate *come una singola istruzione*.

# Istruzione `while`

**Sintassi:**

```
while(<condizione>)        <istruzione>
```

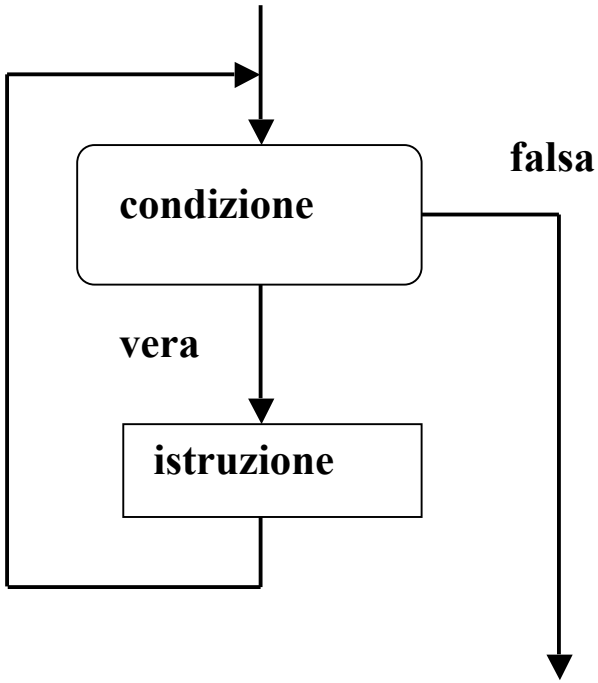



**Significato:**

- Se la condizione e` **vera**, viene eseguita l'istruzione; successivamente si torna a valutare la condizione.
- Se la condizione è **falsa**, si passa ad eseguire l'istruzione successiva a while.

# ISTRUZIONE while

```
while(<condizione>) <istruzione>
```




Prima o poi, *direttamente o indirettamente*, l'istruzione deve *modificare la condizione*: altrimenti, l'iterazione durerà *per sempre!*
*CICLO INFINITO*

Perciò, quasi sempre *istruzione è un blocco*, al cui interno si *modifica qualche variabile che compare nella condizione.*

# ESEMPIO :

```
/* Media di n voti*/
#include <stdio.h>
main() {     int    voto,N,i;
  float  media, sum;

  printf("Quanti sono i voti ?");
  scanf("%d",&N);
  sum = 0;
  i = 1;
  while (i <= N)
   { printf("Dammi il voto n.%d:",i);
     scanf("%d",&voto);
     sum=sum+voto;
     i=i+1;
   }
  media=sum/N;
  printf("Risultato: %f",media);
}
```

# ESEMPIO :

```
/* moltiplicazione come sequenza di somme */
#include <stdio.h>
main()
{ int  X,Y,Z;

  printf("Dammi i fattori:");
  scanf("%d%d",&X,&Y);
  Z=0;
  while (X!=0)
          {  /* corpo ciclo while */
                      Z=Z+Y;
                      X=X-1;
          }
  printf("%d",Z);
}
```

# ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

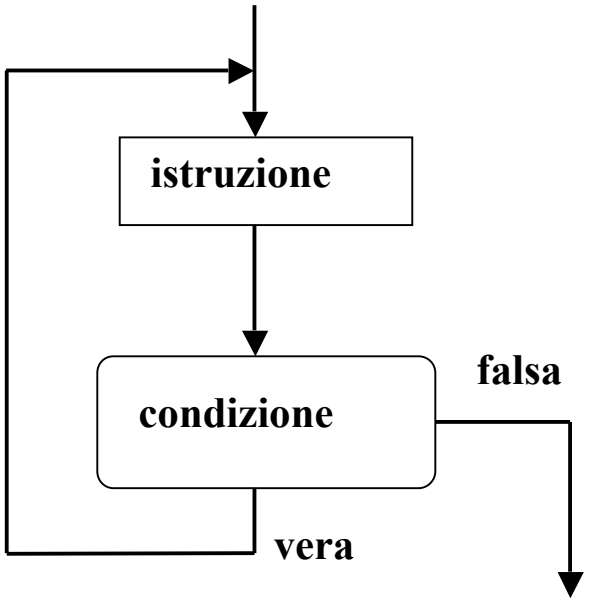
```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */

#include <stdio.h>
main()
{   int F, N, I;
    F=1;  /* inizializzazione del fattoriale*/
    I=0;   /* inizializzazione del contatore*/
  printf("Dammi N:");
   scanf("%d",&N);

   while (I < N)
   {F = (I+1)*F;
    I = I+1;
   }
  printf("Il fattoriale e' %d", F);
}
```

# ISTRUZIONE do..while

```
do <istruzione>  while(<condizione>);
```




È una variante della precedente: la condizione viene verificata *dopo* aver eseguito l'istruzione.

Anche se la condizione è falsa, l'istruzione **viene comunque eseguita *almeno una volta***.

# Esempio:

```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */

#include <stdio.h>
main()
{   int F, N, I;
    F=1;  /* inizializzazione del fattoriale*/
    I=0;   /* inizializzazione del contatore*/
  printf("Dammi N:");
    scanf("%d",&N);
    do
    {F = (I+1)*F;
     I = I+1;
    }
    while (I < N)
    printf("Il fattoriale e' %d", F);
}
```

# while e do

- Nell'istruzione **`while`**, la condizione di ripetizione viene verificata **all'inizio di ogni ciclo**

```
...
somma=0; j=1;
while (j <= n)
   { somma = somma + j;  j++; }
```

- Nell'istruzione **`do`** la condizione di ripetizione viene verificata **alla fine di ogni ciclo**

```
/* In questo caso: n > 0  */
somma = 0; j = 1;
do
   { somma = somma + j;  j++; }
while (j <= n);
```

# ISTRUZIONE for

È una evoluzione dell'istruzione while che mira a eliminare alcune frequenti sorgenti di errore:

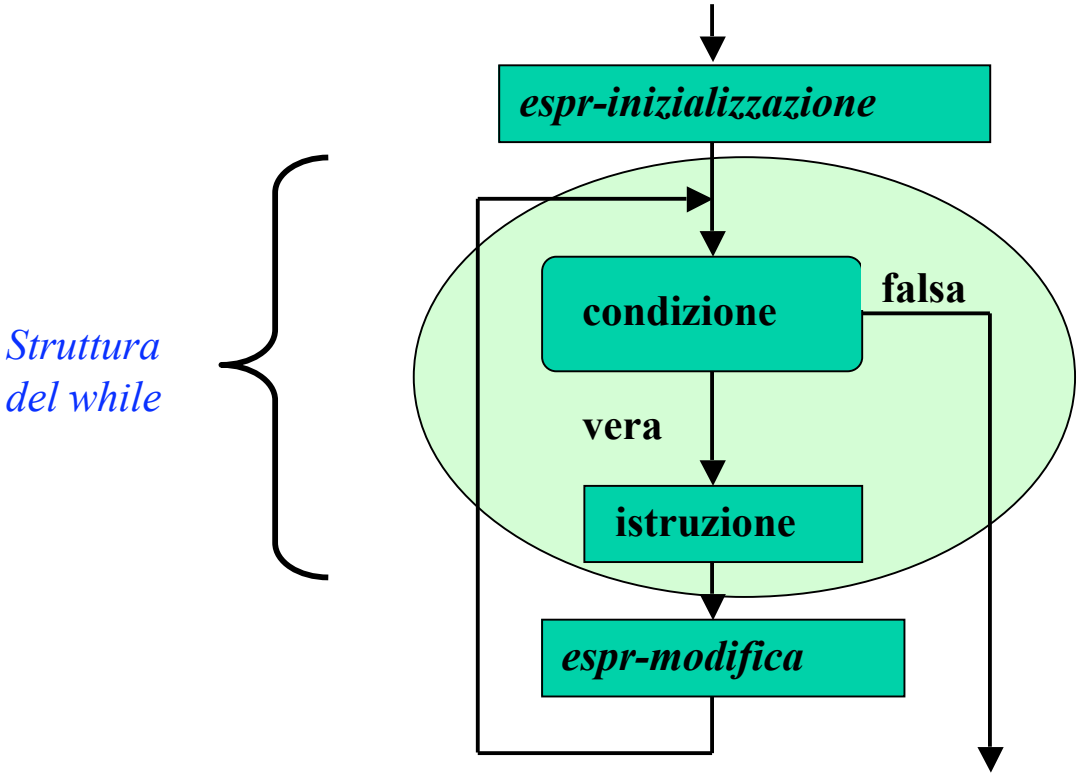
- mancanza delle *inizializzazioni delle variabili*
- mancanza della *fase di modifica del ciclo* (rischio di ciclo senza fine)

- In genere si usa quando e' noto il numero di volte in cui dovra' essere eseguito il ciclo.

# ISTRUZIONE for

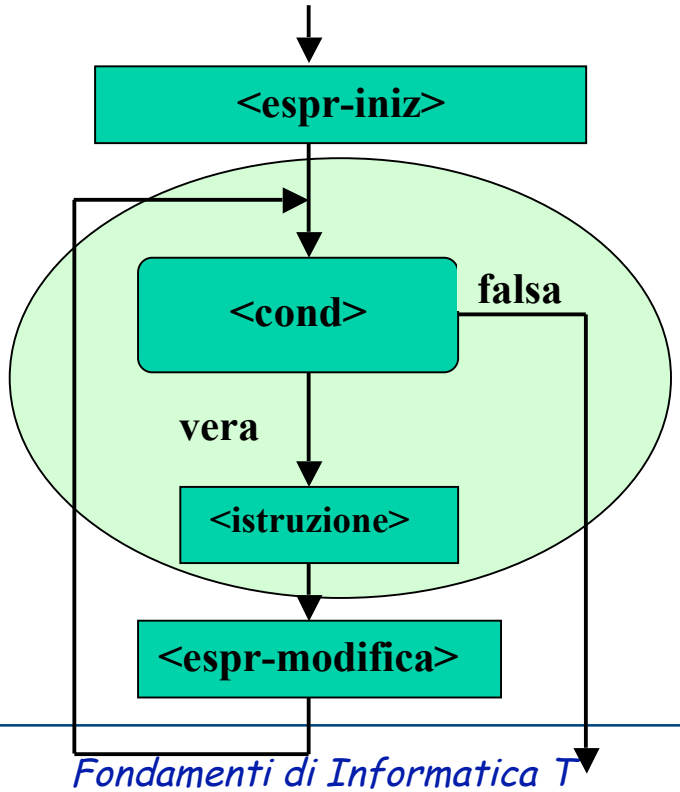
Sintassi:

```
for( <espr-iniz>;<cond>;<espr-modifica>) <istruzione>
```



# ISTRUZIONE for

```
for(<espr-iniz>;<cond>;<espr-modifica>)
  <istruzione>
```




**Inizializzazione:<espr-iniz>**
valutata una e una sola volta
prima di iniziare l'iterazione.

**Controllo: <cond>**

valutata all'inizio di ogni interazione, per decidere se proseguire (come in un while). Se manca si assume vera!

**Modifica***:* **<espr-modifica>**

valutata *a ogni interazione,* d*opo* aver eseguito l'istruzione.

# Esempio: for

```
#include <stdio.h>
void main() /* Media di n voti*/
{ int    voto,N,i;
  float  media, sum;

  printf("Quanti sono i voti ?");
  scanf("%d",&N);
  sum = 0;
  for(i = 1; i <= N;i++)
   { printf("Dammi il voto n.%d:",i);
     scanf("%d",&voto);
     sum=sum+voto;
   }
  media=sum/N;
  printf("Risultato: %f",media);
}
```

# Esempio(con il while)

```
#include <stdio.h>
void main() /* Media di n voti*/
{  int    voto,N,i;
   float  media, sum;

   printf("Quanti sono i voti ?");
   scanf("%d",&N);
   sum = 0;
   i = 1;
   while (i <= N)
     { printf("Dammi il voto n.%d:",i);
       scanf("%d",&voto);
       sum=sum+voto;
       i=i+1;
     }
   media=sum/N;
   printf("Risultato: %f",media);
}
```

# Esempio `for`: fattoriale

```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */
#include <stdio.h>

void main()
{
  int     N, F, i;

  printf("Dammi N:");
  scanf("%d",&N);
  F=1;          /*inizializzazione del fattoriale*/
  for (i = 1; i <= N ; i++)
    F=F*i;

  printf("%s%d","Fattoriale: ",F);
}
```

# Fattoriale con il while

```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */

#include <stdio.h>
void main()
{   int F, N, I;
    F=1;  /* inizializzazione del fattoriale*/
    I=0;   /* inizializzazione del contatore*/
   printf("Dammi N:");
    scanf("%d",&N);

    while (I < N)
    {I = I+1;
     F = I*F;

    }
   printf("Il fattoriale e' %d", F);
}
```

# Cicli Annidati

Riprendiamo l'istruzione ripetitiva **while**:

**while (<espressione>) <istruzione>;**

- <istruzione> puo` essere una qualunque singola istruzione (semplice o strutturata): eventualmente anche una istruzione while →

cicli ***annidati***

# Cicli annidati: esempio

Si legga un numero naturale N>0. Scrivere un programma che stampi una volta il numero 1, due volte il numero 2,..., N volte il numero N.

- Dominio di ingresso (0,1,2,...,N)
- Dominio di uscita ((), (1), (1,2,2),(1,2,2,3,3,3)...).

# Soluzione:

```
#include <stdio.h>
main()
{
   int    N,I,J;
   printf("dammi N:");
   scanf("%d",&N);
   I=1;
   while (I<=N)
        {      /* corpo ciclo esterno */
               printf("Prossimo valore:");
               printf("%d",I);
               J=1;
               while (J<I)
                      {  /* corpo ciclo interno */
                           printf("%d",I);
                           J=J+1;
                      }
               I=I+1;
        }
}
```

# Complementi: altre istruzioni e operatori

# Istruzioni per il trasferimento del controllo:

## Istruzione break:

L'istruzione break provoca l'uscita immediata dal ciclo (o da un'istruzione switch) in cui è racchiusa.

**Esempio:** fattoriale

```
for (F=1, i=1; ; i++)/* manca il controllo */
   if (i>N) break;
   else F=F*i;
```

## Istruzione continue:

L'istruzione continue provoca l'inizio della successiva iterazione del ciclo in cui è racchiusa (non si applica a switch).

**Esempio:** somma dei valori pari compresi tra 1 e N

```
for (sum=0, i =1; i <= N; i++)
   if (i%2) continue;
   else  sum+=i;
```

# Istruzioni per il trasferimento del controllo:

**Istruzione goto:** `goto <label>`

- L'istruzione goto provoca il salto all'istruzione etichettata dall'etichetta <label>.
- Una label è un identificatore seguito da un due punti e può essere applicata ad una qualunque istruzione della medesima funzione in cui si trova il goto

Esempio:

```
leggi: scanf("%d", &N);
if (N<0) goto next;
for (F=1, i=1; i<=N ; i++)/* manca il controllo */
F=F*i;
printf("fattoriale di %d=%d\n", N, F);
next: if (N<0)
            {       printf("N e` negativo!!!");
                    goto leggi;
            }
```

**Formalmente: le istruzioni *break*, *continue* e *goto* non sono necessarie!**

# Ancora operatori:

**Operatore condizionale:**

**<condizione> ? <parteVera> : <parteFalsa>**

restituisce il valore di <parteVera> o di <parte Falsa>, in base al seguente criterio:

- la <parteVera> viene valutata solo se la <condizione> è verificata (valore diverso da 0)
- la <parteFalsa> viene valutata solo se la <condizione> non è verificata (valore uguale a zero)

**Esempio:**

```
ris=a>b? a:b;
```

equivale a:

```
if(a>b)
    ris=a;
  else
    ris=b;
```

# Ancora operatori:

**Operatori sui bit:** consentono di modificare la rappresentazione delle variabili (`int` o compatibili):

`<<` shift a sinistra es: k<<4 shift a sinistra di 4 bit (equivale a k*16)

`>>` shift a destra es: k>>4 shift a destra di 4 bit (equivale a k/16)

`&` and bit a bit

`|` or *inclusivo* bit a bit

`^` or *esclusivo* bit a bit

`~` complemento a 1