ISTRUZIONI

- Le ***istruzioni*** esprimono ***azioni*** che, una volta eseguite, possono comportare una ***modifica permanente dello stato interno*** del programma o del mondo circostante

- Le ***strutture di controllo*** permettono di aggregare istruzioni semplici in istruzioni più complesse

- Un'istruzione C è espressa dalle seguenti produzioni:

```
<istruzione> ::=  <istruzione-semplice>
<istruzione> ::=  <istruzione-di-controllo>
<istruzione-semplice> ::= <espressione>;
```

ISTRUZIONI SEMPLICI

Qualsiasi ***espressione*** seguita da un punto e virgola è un' ***istruzione semplice***

Esempi

```
x = 0; y = 1;/* due istruzioni */
x = 0, y = 1;/* una istruzione */
k++;
3;                    /* non fa nulla */
;                     /* istruz. vuota*/
```

STRUTTURE DI CONTROLLO

Sono particolari istruzioni tipiche dei linguaggi "imperativi" che eseguono istruzioni sotto determinate condizioni.

Una istruzione di controllo può essere:

- una istruzione ***composta*** sequenziale (blocco)
- una istruzione ***condizionale*** (selezione)
- una istruzione di ***iterazione*** (ciclo)

- Le istruzioni di controllo sono alla base della programmazione strutturata (Dijkstra, 1969)

PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA

- Emerge negli anni 60.
- **Obiettivo:** rendere più facile la lettura dei programmi (e quindi la loro modifica e manutenzione).
- Scomposizione del problema in blocchi.
- Abolizione di **salti incondizionati** (go to) nel flusso di controllo
- La parte di esecuzione di un programma viene vista come un comando ottenuto tramite **istruzioni elementari**, mediante alcune regole di composizione (**strutture di controllo**)

STRUTTURE DI CONTROLLO

Concetti chiave:

- **concatenazione o composizione BLOCCO**
- **istruzione condizionale SELEZIONE**
  - ramifica il flusso di controllo in base al valore vero o falso di una espressione ("*condizione di scelta*")
- **ripetizione o iterazione CICLO**
  - esegue ripetutamente un'istruzione finché rimane vera una espressione ("*condizione di iterazione*")

Bohm e Jacopini (1966): queste tre strutture di controllo sono sufficienti per definire tutte le funzioni computabili.

BLOCCO

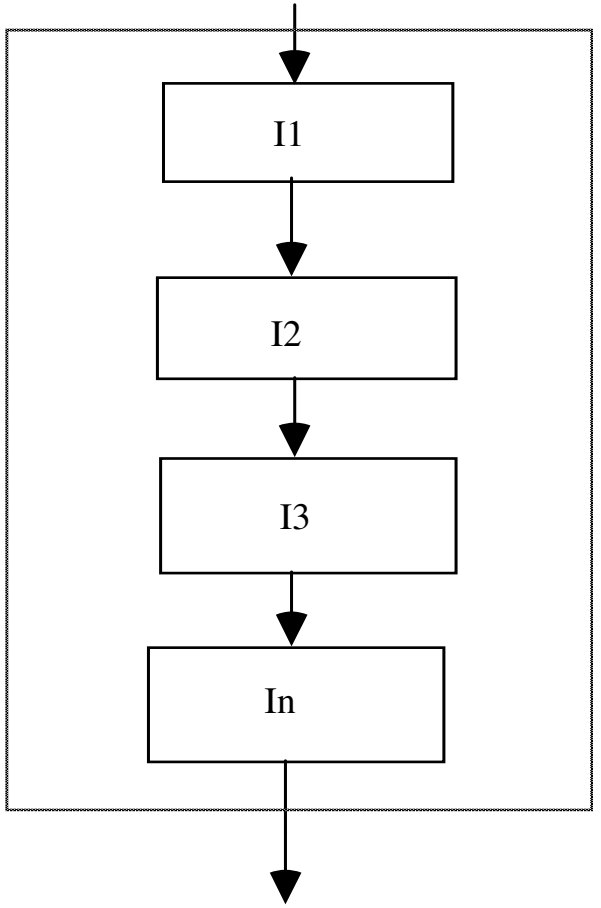
<blocco> ::= {

[<dichiarazioni e definizioni>]

{ <istruzione> }

}

- Il ***campo di visibilità*** dei simboli del blocco è ristretto al blocco stesso
- I blocchi possono essere innestati.
- dopo un blocco non occorre il punto e virgola (esso *termina* le istruzioni semplici, non *separa* istruzioni)



ESEMPIO di BLOCCO

```
/* programma che, letti due numeri a
  terminale, ne stampi la somma*/
#include <stdio.h>
int main()
{/* INIZIO BLOCCO */
int X,Y;
  printf(“Inserisci due numeri ”);
  scanf("%d%d",&X,&Y);
  printf("%d",X+Y);
} /* FINE BLOCCO */
```

REGOLE DI VISIBILITÀ

Esistono delle ***regole di visibilità*** per gli identificatori (nomi di variabili, di funzioni, costanti) che definiscono in ***quali parti*** del programma tali identificatori possono essere usati

In un programma esistono diversi ***ambienti***:

- area globale
- **il main**
- ogni singola funzione
- **ogni blocco**

REGOLE DI VISIBILITÀ

- *Un identificatore **NON** è visibile **prima** della sua dichiarazione*
- *Un identificatore definito in un ambiente è visibile in **tutti gli ambienti in esso contenuti***
- *Se in un ambiente sono visibili **due definizioni** dello **stesso identificatore**, la definizione valida è quella dell'ambiente **più vicino** al punto di utilizzo*
- *In **ambienti diversi** si può definire lo stesso identificatore per denotare due oggetti diversi*
- *In ciascun ambiente un identificatore può essere definito una sola volta*

REGOLE DI VISIBILITÀ

Un identificatore non è visibile prima della sua dichiarazione

SCORRETTO

```
int main(){
int x = y*2;
int y = 5;
...}
```

CORRETTO

```
int main(){
int y = 5;
int x = y*2;
...}
```

REGOLE DI VISIBILITÀ

- *Se in un ambiente sono visibili due dichiarazioni dello stesso identificatore, la dichiarazione valida è quella dell'ambiente più vicino al punto di utilizzo*
- *In ambienti diversi si può dichiarare lo stesso identificatore per denotare due oggetti diversi*

```
int main(){

float x = 3.5;
{int y, x = 5;
y = x; /* y vale 5 */}

...}
```

REGOLE DI VISIBILITÀ

In ciascun ambiente un identificatore può essere dichiarato una sola volta

```
int main(){
float x = 3.5;
char x;
...}
```

SCORRETTO

REGOLE DI VISIBILITÀ

Un identificatore dichiarato in un ambiente è visibile in tutti gli ambienti in esso contenuti

SCORRETTO

```
int main(){
int x;
{
int y = 5;
}
x = y;
...}
```

CORRETTO

```
int main(){
int x;
{
int y = 5;
x = y;
}
...}
```

ESEMPIO di BLOCCO

```
#include <stdio.h>
int main()
{/* INIZIO BLOCCO1 */
int X;
  printf(“Inserisci il numero X”);
  scanf("%d",&X);
      {/* INIZIO BLOCCO2 */
       int Y;
       printf(“Inserisci il numero Y”);
       scanf("%d",&Y);
       printf("%d",X+Y);} /* FINE BLOCCO2 */
} /* FINE BLOCCO1 */
```

ESEMPIO di BLOCCO

```
#include <stdio.h>
int main()
{/* INIZIO BLOCCO1 */
int X;
  printf(“Inserisci il numero X”);
  scanf("%d",&X);
      {/* INIZIO BLOCCO2 */
       int Y;
       printf(“Inserisci il numero Y”);
       scanf("%d",&Y);} /* FINE BLOCCO2 */
       printf("%d",X+Y);} /* FINE BLOCCO1 */
```

NO - errore in compilazione: le regole di visibilità non sono rispettate

ISTRUZIONI CONDIZIONALI

```
<selezione> ::=
        <scelta> | <scelta-multipla>
```

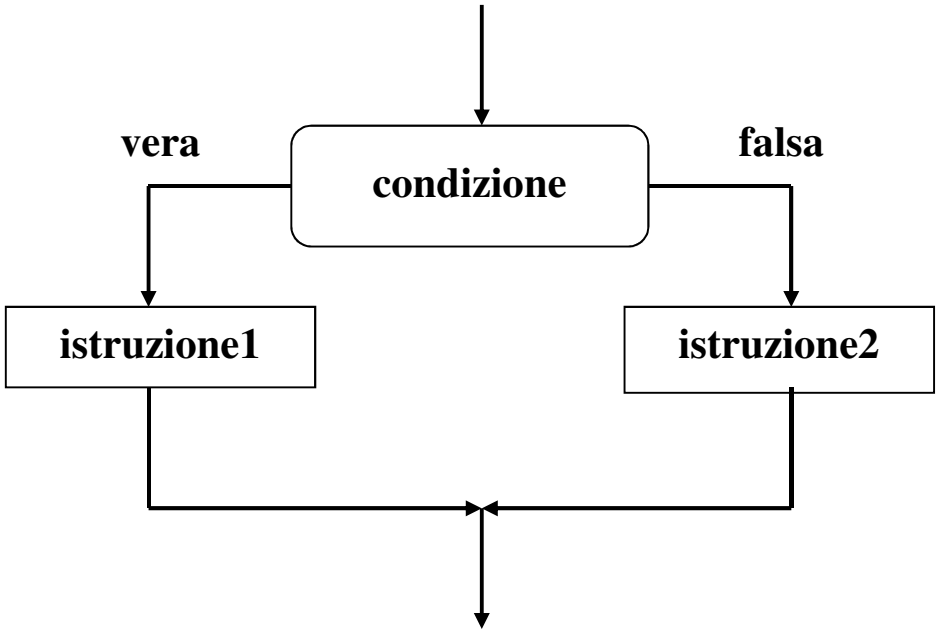
la seconda *non è essenziale,* ma migliora l'espressività

Espressione condizionale ternaria (.. **?** … **:** …) fornisce *già* un mezzo per fare scelte, ma è *poco leggibile* in situazioni di medio/alta complessità.

L'istruzione di scelta fornisce un altro modo per esprimere alternative

ISTRUZIONE DI SCELTA SEMPLICE

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



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

La condizione viene valutata al momento dell'esecuzione di if

ESEMPIO di ISTRUZIONE IF

<istruzione1> e <istruzione2> sono ciascuna una *singola istruzione*

Qualora occorra 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 di ISTRUZIONE IF

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

#include <stdio.h>
int 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

Occorre ***attenzione ad associare le parti else*** *(che sono opzionali) all'if corretto*

Regola semantica:
`else` è sempre associato a **`if`** più interno

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

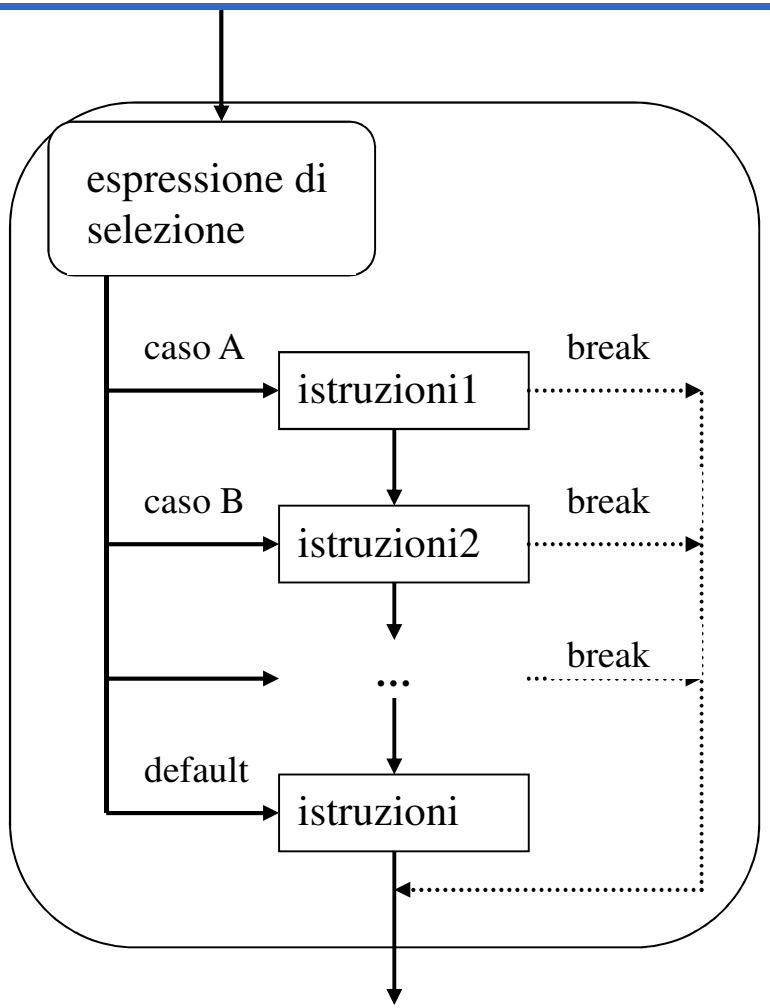
Se vogliamo cambiare questa associazione di default, dobbiamo inserire un blocco

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

ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

- Consente di scegliere fra ***molte istruzioni (alternative o meno)*** in base al valore di una ***espressione di selezione***

- L'espressione di selezione deve ***denotare un valore numerabile*** (intero, carattere,…)



ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

```
<scelta-multipla> ::=
 switch (selettore)  {
 case <label1>:
 {case <labeli>:} <istruzioni> [break;]
 case <labelj>:
 {case <labeln>:} <istruzioni> [break;]
            …
 [ default : <istruzioni>]
 }
```

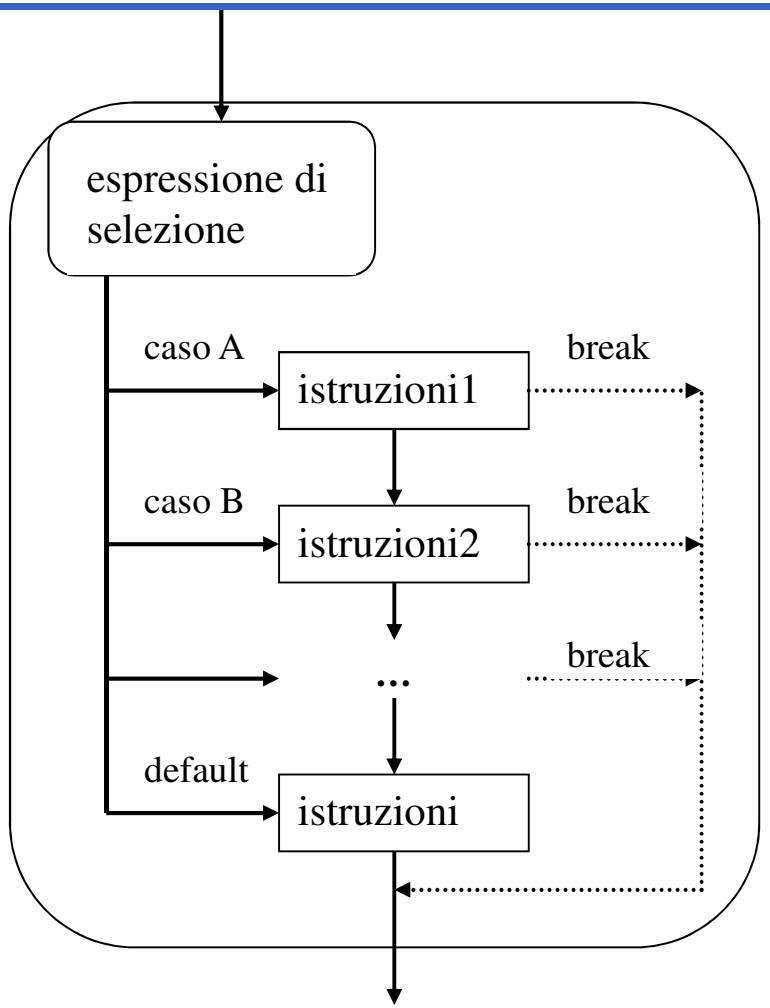
Sequenze, non occorre il blocco

Se nessuna etichetta corrisponde, si prosegue con il ramo **`default`** se esiste, altrimenti non si fa niente

Il valore di *selettore (espressione intera)* viene confrontato con le etichette (**costanti** dello stesso tipo del selettore): *l'esecuzione prosegue dal ramo corrispondente* (se esiste)

NOTA

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



ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

```
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 12:  giorni = 31;
}
```

ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

Alternativa possibile:

```
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;
}
```

ISTRUZIONE DI ITERAZIONE

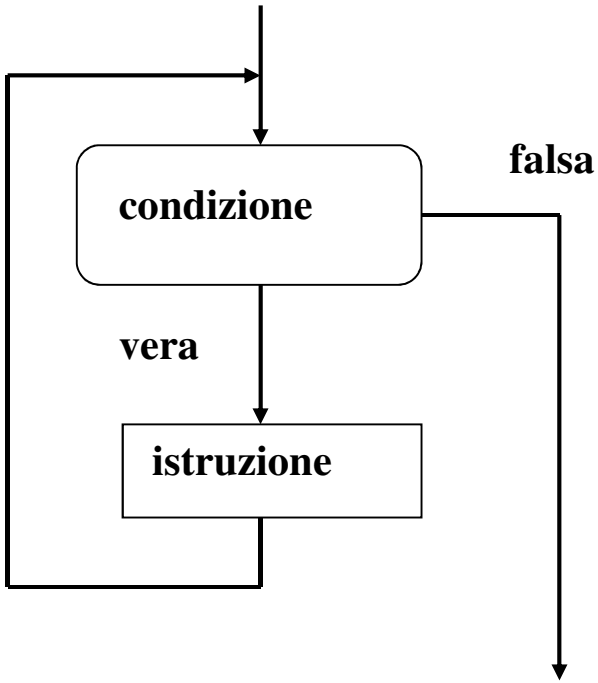
```
<iterazione> ::=
        <while> | <for> | <do-while>
```

Le istruzioni di iterazione:

- Permettono di specificare che un blocco sia eseguito ripetutamente fino a che le condizioni di permanenza nel ciclo siano soddisfatte.
- Hanno *un solo punto di ingresso* e *un solo punto di uscita* nel flusso del programma, perciò possono essere interpretate *come una singola azione* in una computazione sequenziale.
- Possono essere convertiti uno nell'altro (ne basterebbe in teoria uno solo).

ISTRUZIONE `while`

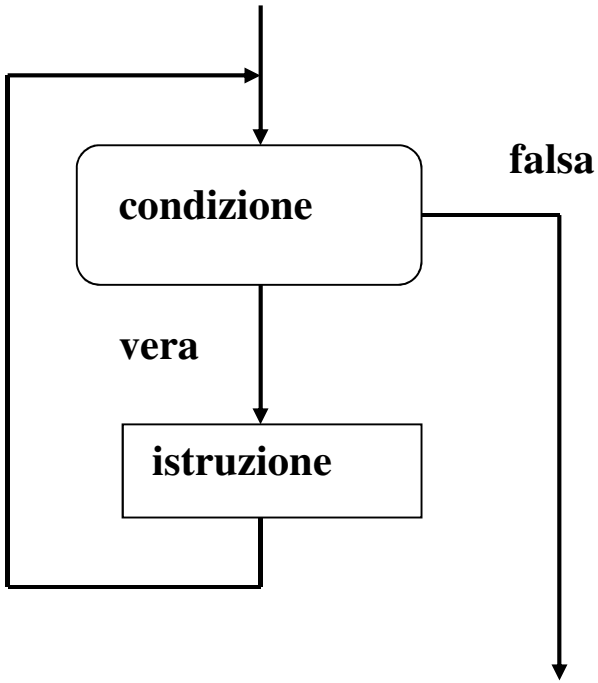
```
<while> ::=
    while(<condizione>) <istruzione>
```



- L'istruzione viene ripetuta *per* ***tutto il tempo in cui la condizione rimane vera***
- Se la condizione è falsa, l'iterazione non viene eseguita ***neppure una volta***
- In generale, ***NON*** *è noto* ***quante volte*** l'istruzione sarà ripetuta

ISTRUZIONE `while`

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



Prima o poi, *direttamente o indirettamente*, l'istruzione deve *modificare la condizione:*
altrimenti, *CICLO INFINITO*

Quasi sempre *istruzione è un blocco* in cui si m*odifica qualche variabile che compare nella condizione*

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

```
#include <stdio.h>
int main() /* Media di N voti*/
{ int    sum,voto,N,i;
  float  media;
  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=(float)sum/N; /* ipotesi: N>0 */
  printf("Risultato: %f",media);}
```

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

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

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

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

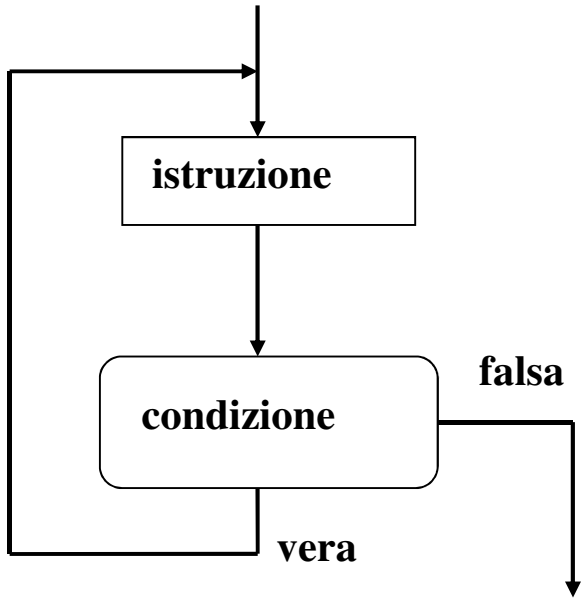
```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */

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

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

ISTRUZIONE `do .. while`

```
<do-while> ::=
  do <istruzione>  while(<condizione>);
```



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

Se la condizione è falsa, l'iterazione **viene comunque eseguita *almeno una volta***

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

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

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

ESERCIZIO

Leggi da input caratteri fino al carattere punto (*valore sentinella*)

```
...
do
  scanf("%c", &ch);
while (ch != '.');
```

Oppure:

```
ch='*';
while (ch != '.')
  scanf("%c", &ch);
```

ISTRUZIONE `for`

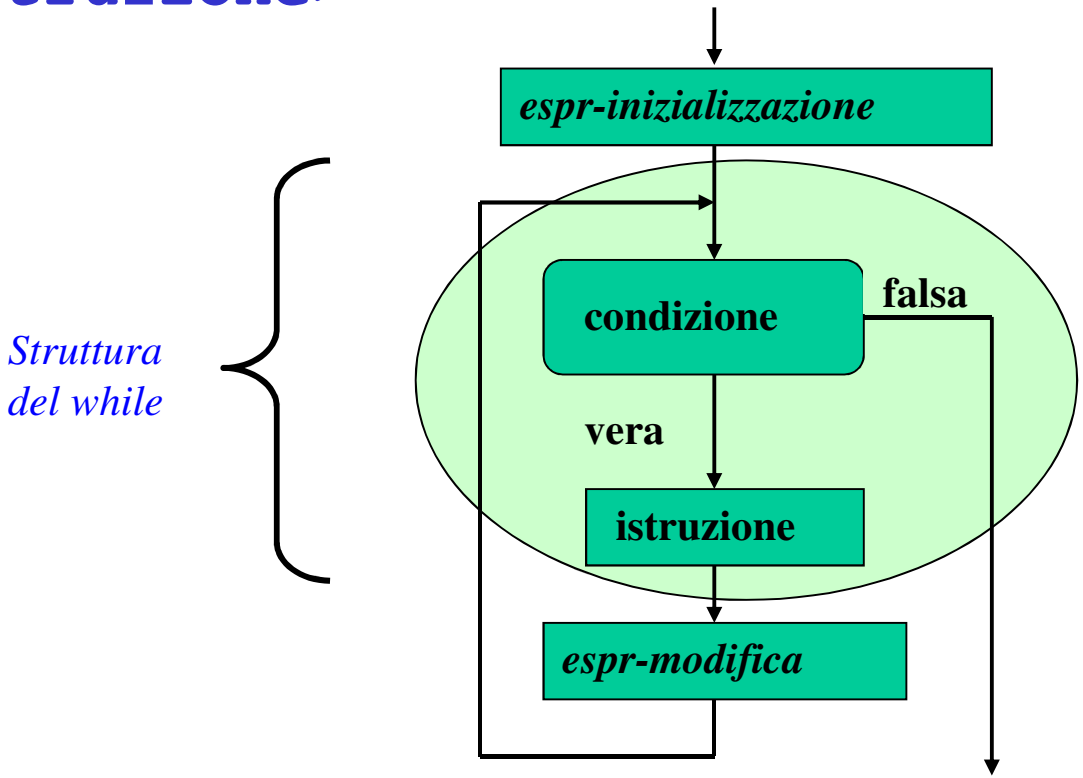
È una evoluzione dell'istruzione **`while`** che mira a eliminare alcune frequenti sorgenti di errore:

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

In genere si usa quando è noto ***quante volte*** il ciclo dovrà essere eseguito (contatore)

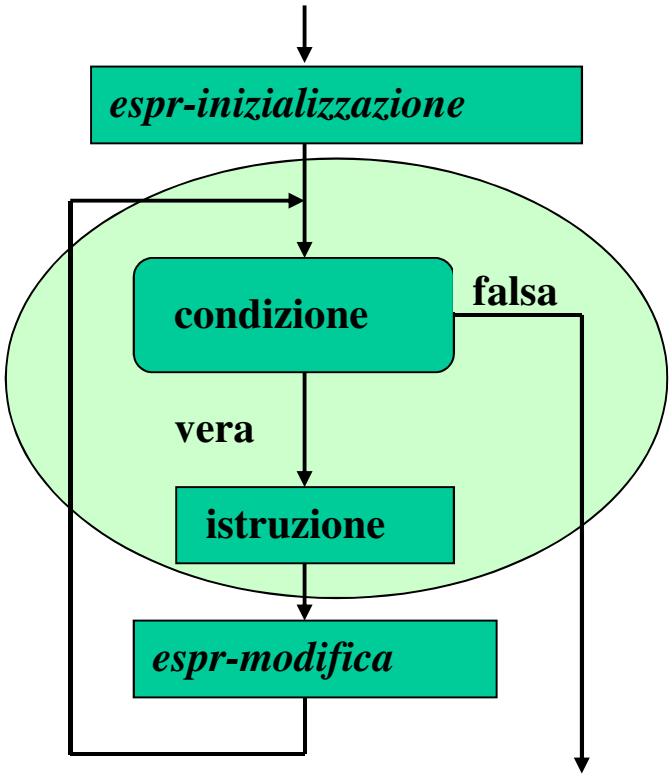
ISTRUZIONE `for`

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



ISTRUZIONE `for`

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



Espressione di inizializzazione: `<espr-iniz>`

valutata una e una sola volta
<u>prima</u> di iniziare l'iterazione

Condizione: `<cond>`

valutata *a* ***ogni interazione***, per decidere se proseguire (come in un while). Se manca si assume *<u>vera</u>*

Espressione di modifica: `<espr-modifica>`

valutata *a* ***ogni interazione***, ***<u>dopo</u>*** aver eseguito l'istruzione

ISTRUZIONE for: equivalenza con while

```
for (e1; e2; e3)     <istruzione>
```

equivalente a:

```
e1;
while (e2)
   {<istruzione>
   e3;}
```

Notare che, dato che l'espressione vuota è un'espressione valida, `for (;;) {…}`

è sintatticamente corretta e produce un ciclo di infinite iterazioni

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

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

  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=((float)sum)/N;
  printf("Risultato: %f",media);
}
```

Nota: non serve l'inizializzazione del contatore `i` *e l'incremento di* `i` *nel ciclo*

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main()
{
  int     N, F, I;

  printf(“Dammi N:”);
  scanf("%d",&N);
  F=1;          /*inizializzazione del fattoriale*/
  for (I=2; I <= N; I++)
    F=F*I;

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

Istruzioni di salto

- Permettono di alterare il flusso di esecuzione di una sequenza di istruzioni.
- Il Linguaggio C ha 4 istruzioni di salto:
  - `break`: forza l'uscita da un ciclo e dallo `swich`
  - `continue`: forza il riavvio della prossima iterazione di un ciclo
  - `goto`: forza il salto incondizionato ad un punto della funzione (**da NON usare**)
  - `return`: fa tornare il controllo al chiamete nelle funzioni

Istruzioni di salto

- Il loro utilizzo nella programmazione è controverso.
- Programmi di difficile lettura.
- Ad eccezione di `return` e `break` nello `swich` non utilizzatele!!
- Cattivo stile di programmazione (spaghetti code).
- Tutto può essere scritto utilizzando la programmazione strutturata pura.

ESEMPI vari

Dati tre valori $a \leq b \leq c$ 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: deve essere c < (a+b)

Rappresentazione delle informazioni:

- la variabile intera **`triangolo`** (no tipo boolean in linguaggio C) indica se i tre segmenti possono costituire un triangolo
- le variabili intere **`scaleno`**, **`isoscele`** ed **`equil`** indicano il tipo di triangolo

ESEMPIO

Algoritmo

```
se a+b > c
    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
```

ESEMPIO

```
int main (){
  float a=1.5, b=3.0, c=4.0;
  int triangolo, scaleno=0, isoscele=0,
     equil=0;
  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;}
 }
}
```

ESEMPIO

Dati due valori positivi *X* e *Y*, calcolarne la divisione intera X/Y come sequenza di sottrazioni, ottenendo quoziente e resto

Invariante di ciclo:

$$X = Q * Y + R, \quad \text{con } R \geq 0$$

- inizialmente, Q=0, R=X *(R>Y)*
- a ogni passo, Q'=Q+1, R'=R-Y *(R>Y)*
- alla fine, $X = Q^{(n)} * Y + R^{(n)}$ *(0<R<Y)*
  che è la definizione di divisione intera

ESEMPIO

Algoritmo

sia *Q* il quoziente, inizialmente pari a 0
sia *R* il resto, inizialmente pari a *X*
while ($R \geq Y$)
    incrementare il quoziente *Q*
    decrementare *R* di una quantità *Y*

Codifica

Idem per l'espressione di modifica

```
int main(){
   int x = 20, y = 3, q, r;
   for (q=0, r=x;  r>=y;  q++, r=r-y);
}
```

Notare l'uso di una espressione concatenata per concatenare due assegnamenti e inizializzare così due variabili

Altri Piccoli ESERCIZI (1)

Specifica: Si visualizzino i numeri interi da 1 a 10

```
#include <stdio.h>

int main(){
   int counter = 1;
   while (counter<=10) {
      printf("%d\n", counter);
      ++counter;
} }
```

Alternativa:

```
…
int counter = 0;
while (++counter<=10)
   printf("%d\n", counter);
…
```

Altri Piccoli ESERCIZI (2)

```
…
for (i=1; ++i<=3; )
  printf("%d",i);
```

Stampa
2 3

```
…
for (i=1; i++<=3; )
  printf("%d",i);
```

Stampa
2 3 4

```
…
i=10;
while (i--)
  printf("%d",i);
```

Stampa
9 … 1 0

```
…
for (i=1; i<=3; ++i)
for (i=1; i<=3; i++)
```

Sono equivalenti?