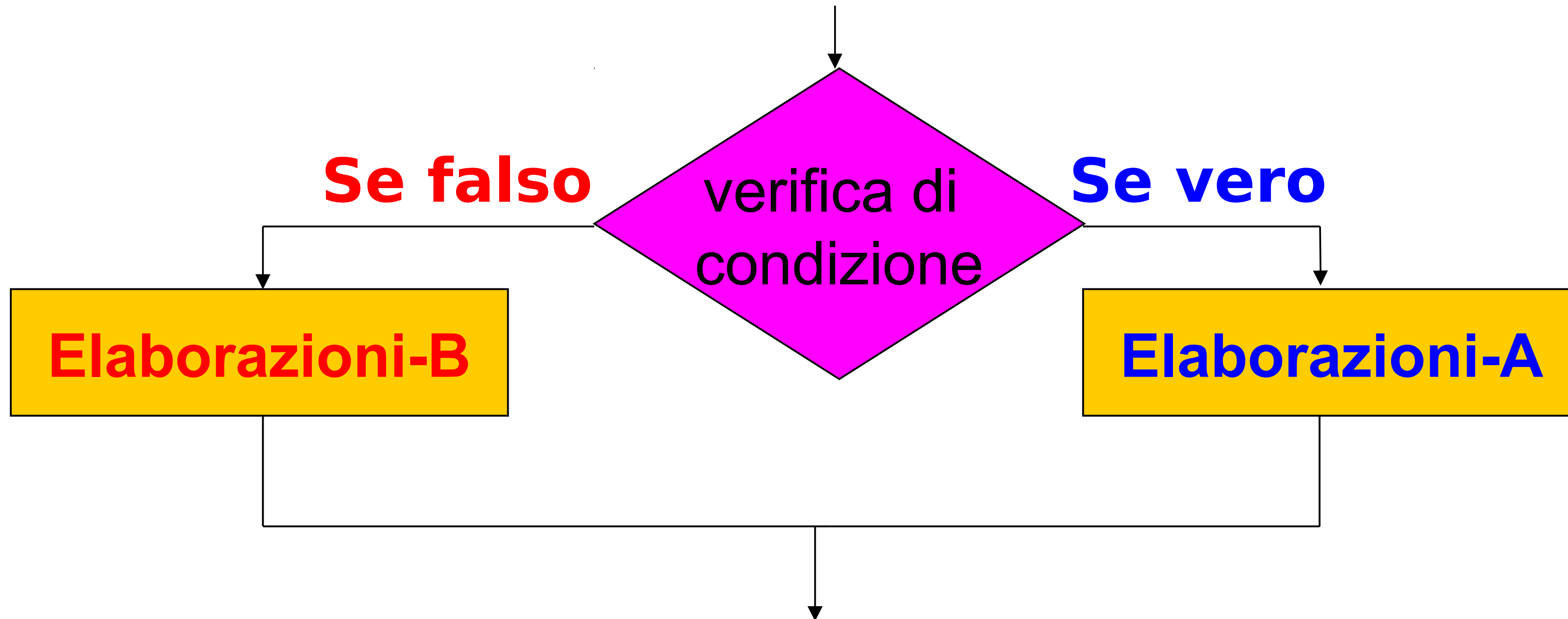
Corsi di Laurea in Biologia e Biologia Molecolare
Università di Padova, AA 2012/2013

Programmazione al livello del CPU

www.stoianov.it

Esecuzione condizionale

Eseguire blocco “**A**” o blocco “**B**”.



La memoria RAM è lineare

(non ha una natura spaziale, come, ad esempio, il cervello)

Come implementare questa schema ?

Confronto

- COMP ***r1, r2*** confronta i valori-***integer*** dei registri ***r1*** e ***r2***

  Risultato: Se Rr1<Rr2 , memorizza -1 nel registro ***RC***
  Se Rr1=Rr2 , memorizza 0
  Se Rr1>Rr2 , memorizza +1

- COMP ***r1***, ***cost*** confronta il registro ***r1*** con *la costante* ***cost***

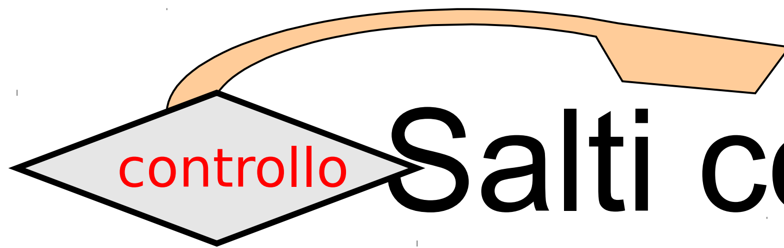
- FCOMP ***r1, r2*** confronta valori del tipo ***float***

COMP Operazione registro1 registro2 bit non-utilizzati

[0010 0000][iiii][jjjj] [xxxxxxxx xxxxxxxx]

COMP Operazione registro costante

[1010 0000][iiii][xxxx xxxx xxxx xxxx xxxx]



Salti condizionali

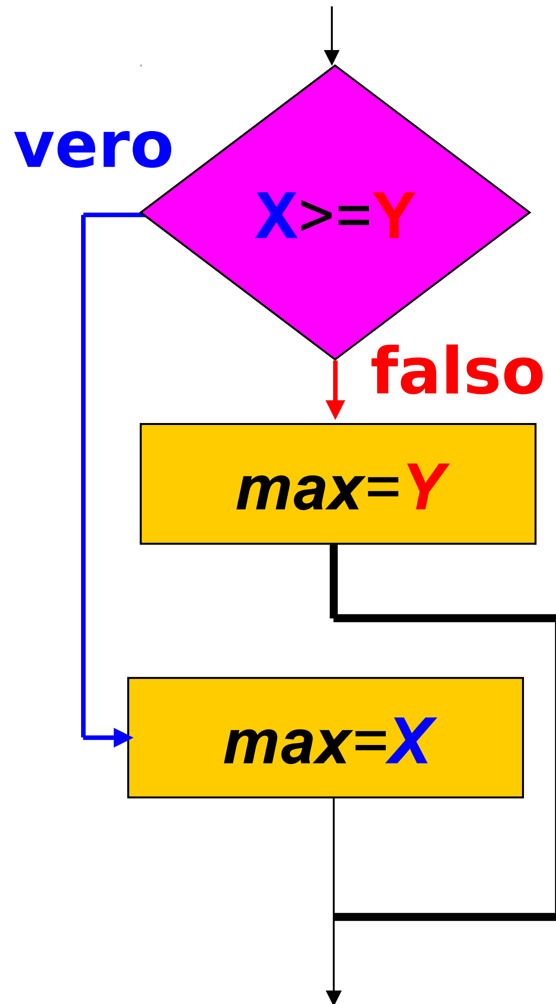
- BRLT ***addr*** se RC=-1, spostare il PC all'***addr***
- BRLE ***addr*** se RC<=0, spostare il PC all'***addr***
- BREQ ***addr*** se RC = 0, spostare il PC all'***addr***
- BRNE ***addr*** se RC $\neq$ 0, spostare il PC all'***addr***
- BRGT ***addr*** se RC = 1, spostare il PC all'***addr***
- BRGE ***addr*** se RC>=0, spostare il PC all'***addr***

BRLT Operazione bit non-utilizzati nuovo indirizzo per il PC

[0100 0001] [xxxx] [aaaa aaaa aaaa aaaa aaaa]

Esempio: scegliere uno dei due numeri

Compito: **assegnare alla variabile Z il massimo dei due numeri X e Y**

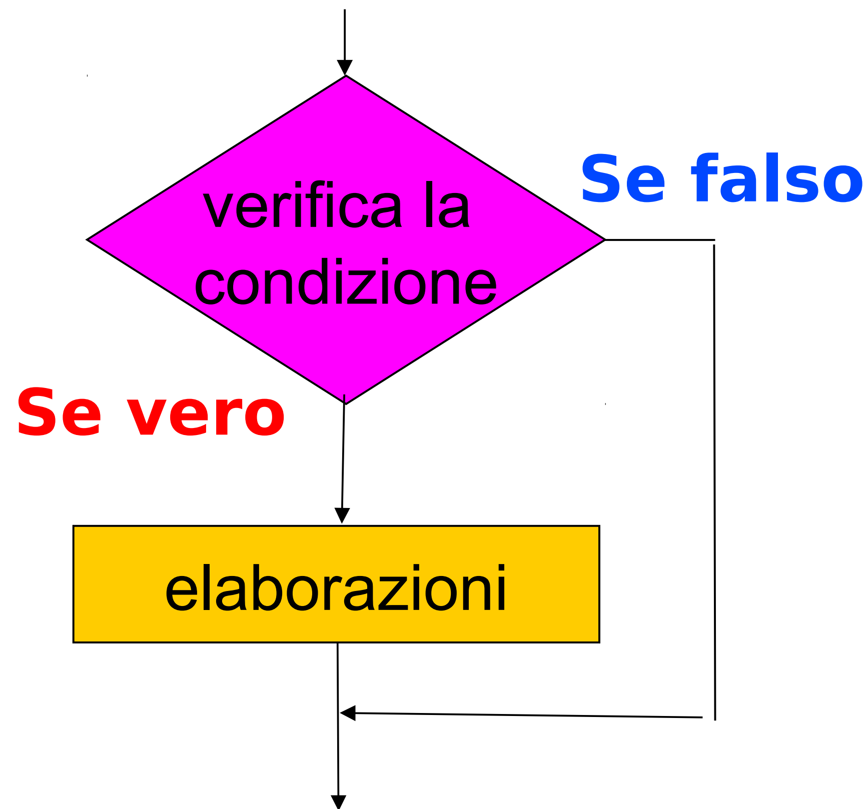



```
X: INT 5;
Y: INT -3;
Z: INT;

        LOAD R0 X;
        LOAD R1 Y;
        COMP R0 R1;
        BRGE  Big0;    % Se R0>R1
        STORE R1 Z;    % R0<R1=>Z=R1
        BRANCH FINE;
Big0:   STORE R0 Z;    % R0>R1=>Z=R0
FINE:   STOP;
```

Esecuzione condizionale (un blocco)

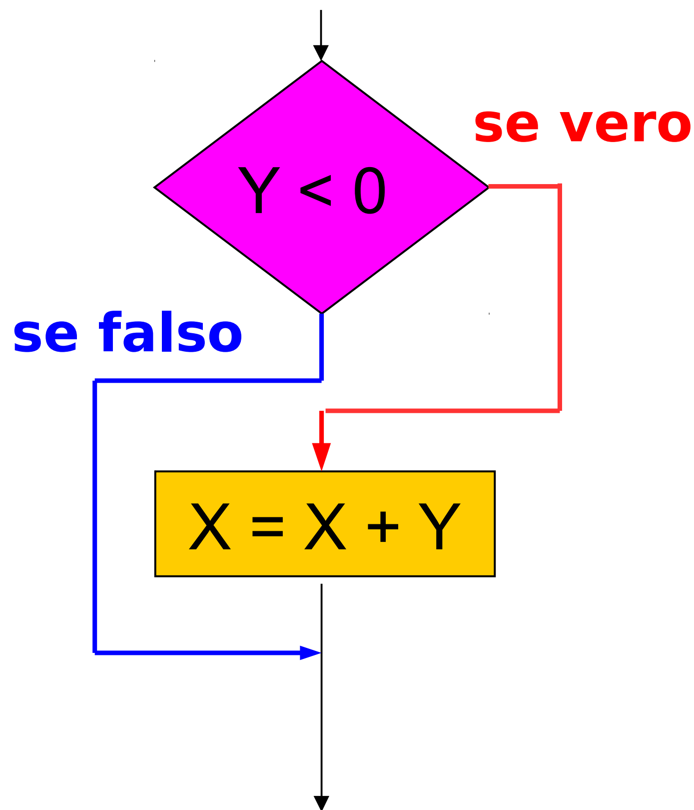
Eseguire un blocco di elaborazioni
solo se una condizione è vera



Elaborazione condizionale

Per implementare l'esecuzione condizionale di un blocco di elaborazioni, andare all'inizio di questo blocco se la condizione è vera. Altrimenti saltare il blocco.

Esempio: aggiungere Y al X solo se Y<0



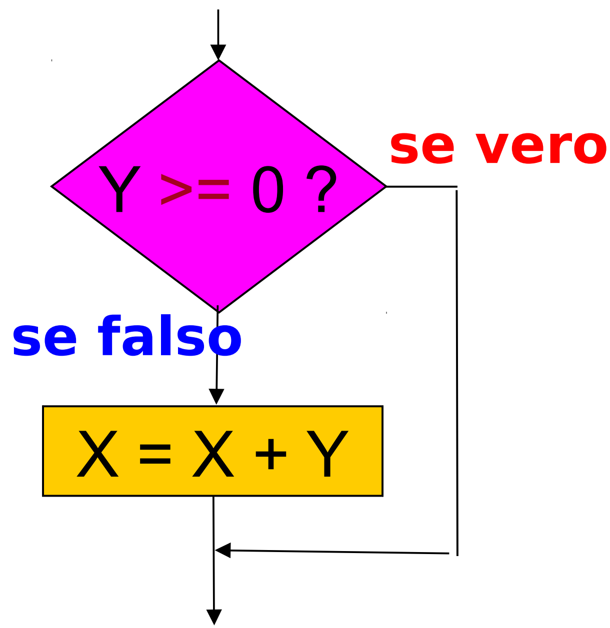

```
X: INT 5;
Y: INT -3;

LOAD R0 X;
LOAD R1 Y;
COMP R1 0;            % Y>=0 ?
BRGE  Fare;           % YES? Fare la somma
BRANCH Fine;          % NO? Non fare la somma
Fare: ADD R0 R1;      % Acc=Acc+X
      STORE R0 X;     % Y+X → X
Fine: STOP;
```

La logica “complimentare”

Possiamo evitare il salto non-condizionale se saltiamo il blocco da eseguire nel caso che la condizione complimentare (not A) è vera.

Esempio:
Aggiungere Y al X
solo se Y<0




```
X: INT 5;
Y: INT -3;

LOAD R0 X;
LOAD R1 Y;
COMP R1 0;      % Y>=0 ?
BRGE  Fine;     % YES? → FINE
ADD R0 R1;      % Acc=Acc+X
STORE R0 X;     % Y+X → X
Fine: STOP;
```

Esercizio con elaborazioni condizionali

Le variabili X e Y contengono valori numerici interi (assegnarne due valori a caso). Compito: ordinare X e Y, assegnando a X il valore minore e a Y il valore maggiore.

Esercizio elaborazione condizionale complessa

La variabile X ha valore numerico intero (positivo, zero, o negativo).
Compito: Implementare la funzione **sign(X)**, assegnando ad un'altra variabile **Y** il valore **-1** se X ha valore negativo, **0** se X è pari a zero, o **1** se X ha valore positivo.

```
X:INT 10;
Y:INT;

LOAD R0 X;
COMP R0 0;
BREQ Store;      X=0 => Y= 0
BRGT Pos;        X>0 => Y=+1
LOAD R0 -1;      X<0 => Y=-1
BRANCH Store;
Pos: LOAD R0 1;
Store: STORE R0 Y;
STOP;
```

Esercizio aritmetica condizionale

Le variabili X e Y hanno valori interi. **Compito**: calcolare la somma X+|Y|, assegnando il risultato alla variabile X

Suggerimento: Scomporre il problemma: (i) AssY=|Y| (ii) X=X+AssY

```
X: INT 10;
Y: INT -5;

LOAD R0 X;
LOAD R1 Y;
COMP R1 0;
BRGE Add;
MUL R1 -1;      Y<0 => R1=Y*(-1)
Add:ADD R0 R1;  R0=X+|Y|
STORE R0 X;
STOP;
```

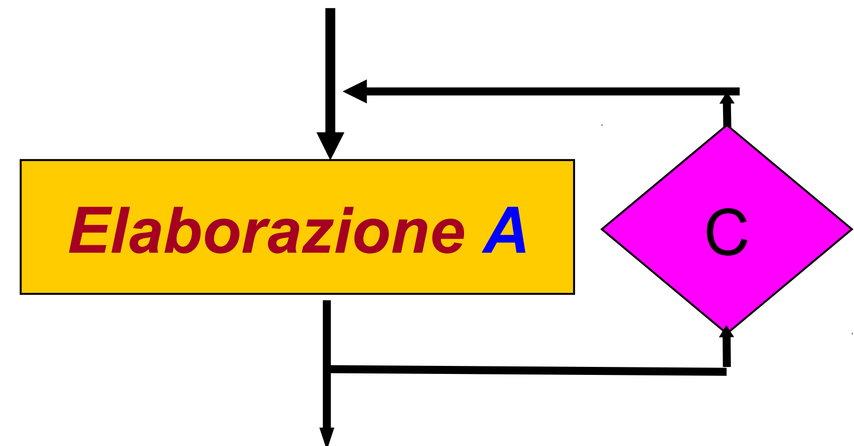
info@stoianov.it

Elaborazioni iterativi

Spesso serve ad eseguire più volte (iterare) un blocco di elaborazioni “A” .

Due tipi di elaborazioni iterative (CICLI):

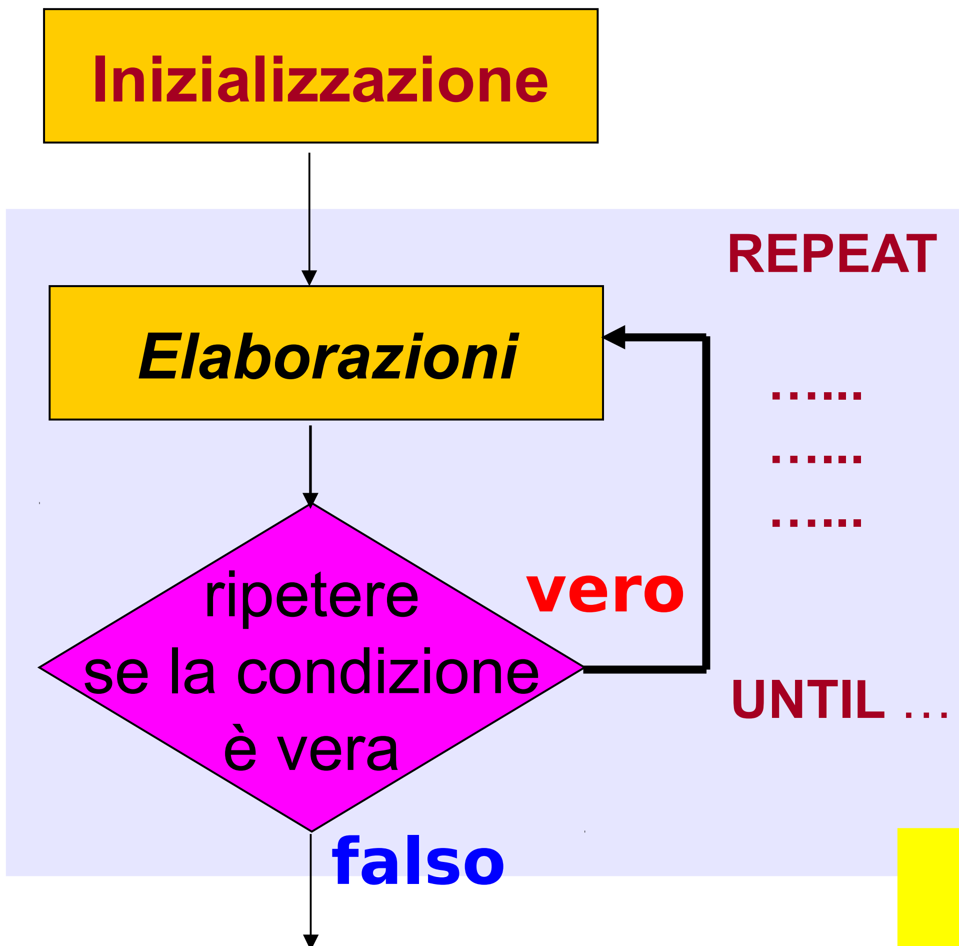
(i) **gestito da una condizione “C”** che dipende da un evento esterno o dal blocco di elaborazioni “A”. Assicurare la possibilità di uscire dal ciclo !!



(ii) **eseguire il blocco di elaborazioni “A” esattamente N volte** (gestito da un contatore).

CICLI(1) Ripetere un'elaborazione finché la condizione **C** è VERA

Esempio: Sottrarre un numero ***k*** da un altro ***N*** **finché** ***N***>=0



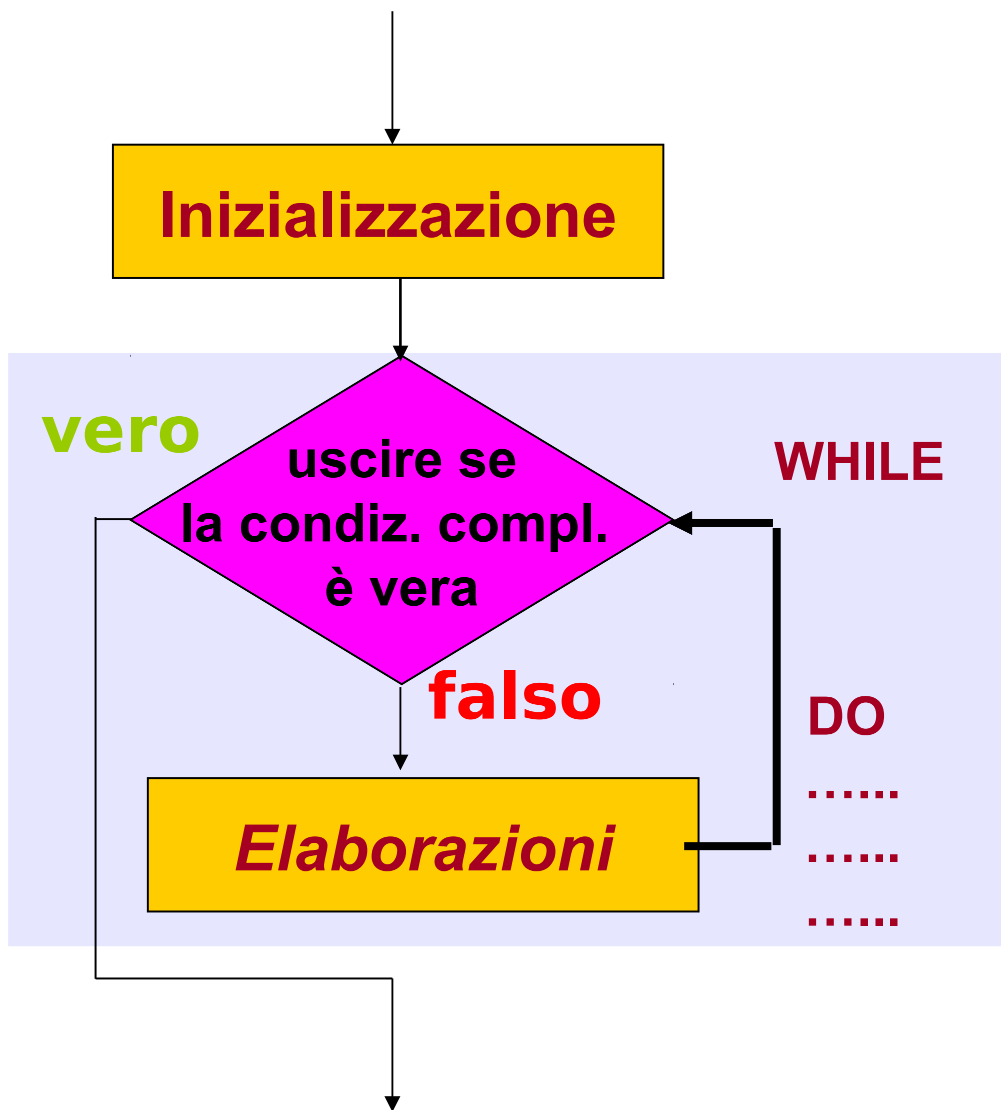

```
N: INT 15
K: INT 4

      LOAD  R0 N
      LOAD  R1 K
Fare: SUB   R0 R1   % N=N-K
      COMP  R0 0    % Se R0>=0 ..
      BRGE  Fare    % .. ripetere
      STORE R0 N
      STOP
```

Se N < 0 ?
L'algoritmo non è corretto per tutti i dati possibili

CICLI(2) Ripetere un'elaborazione solo se e finché la condizione **C** è VERA

Esempio: Sottrarre un numero ***k*** da un altro ***N solo e finché N***>=k




```
N:  INT 15
K:  INT 6

        LOAD  R0  N
        LOAD  R1  K
Testa:  COMP  R0  R1     % Se R0<R1 ..
        BRLT  Post       % .. Uscire
        SUB   R0  R1     % N=N-K
        BRANCH Testa     % .. ripetere
Post:   STORE R0  N
        STOP
```

CICLI(3) Contatore

Definizione: un contatore è una **variabile** numerica che memorizza il numero di volte per i quali un certo evento si verifica.

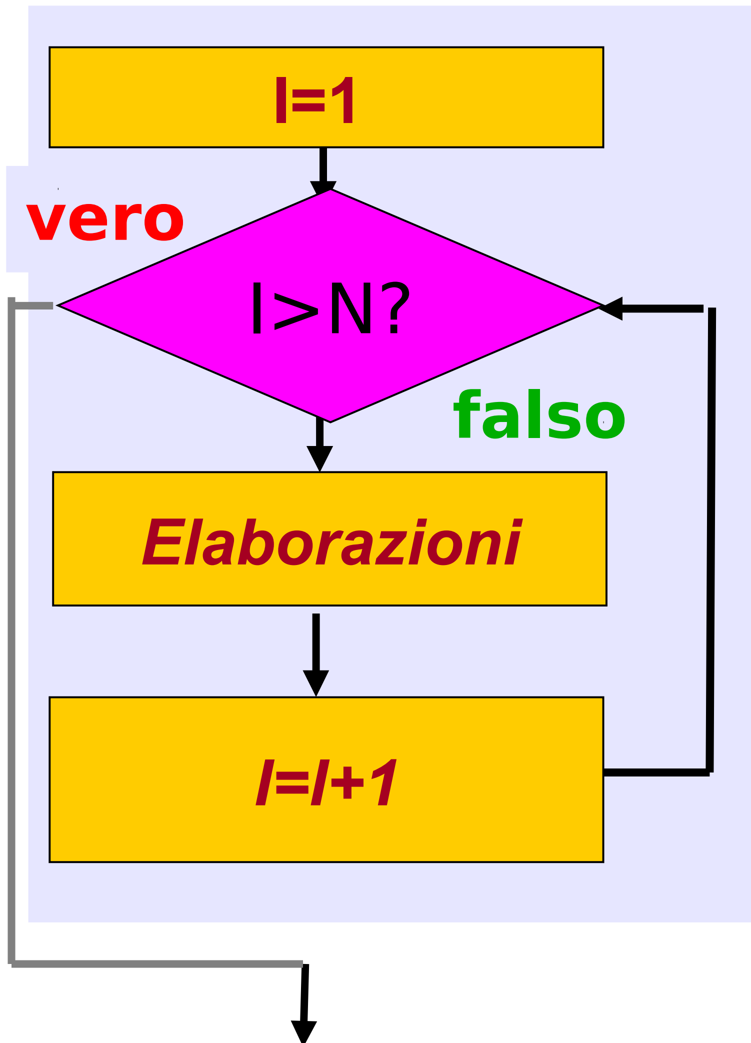
- Nei cicli viene utilizzato per controllare che un blocco di elaborazioni "**A**" viene eseguito esattamente per un certo numero di volte **N.**

Funzionamento:

- contatore progressivo
  - prima di entrare nel ciclo, inizializzare il contatore con 1
  - eseguire l'elaborazione se il contatore ha **valore minore o uguale a N**
  - ad ogni ripetizione incrementare il contatore con 1
- contatore regressivo:
  - inizializzare il contatore con N
  - eseguire l'elaborazione se il contatore ha **valore maggiore di 0**
  - ad ogni ripetizione decrementare il contatore con 1

CICLI (3a) Contatore progressivo

FOR I = 1 TO N

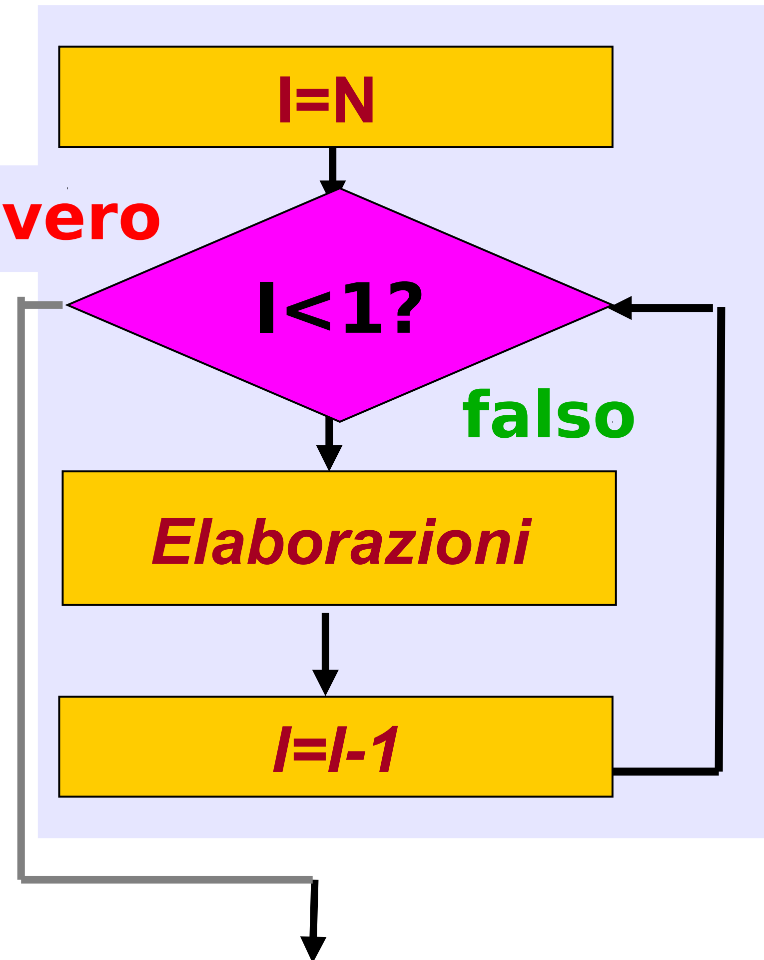



```
         N: INT 4 % Numero elabor.


         LOAD R1 N
         LOAD R0 1    % contatore
Test:    COMP R0 R1   % Se R0<0 ..
         BRGT Usc     % .. Uscire
         %% ELABORAZIONI %%
         ADD  R0 1    % contat.+1
         BRANCH Test  % → testa
Usc:     STOP
```

CICLI(3b)Contatore regressivo

FOR I = N TO 1




```
        N: INT 4 % Numero elabor.

           LOAD R0 N    % contatore
testa:     COMP R0 1    % Se R0<0 ..
           BRLT Usc     % .. Uscire
           %% ELABORAZIONI %%
           SUB  R0 1    % contat.-1
           BRANCH Test  % → testa
Usc:       STOP
```

ACCUMULATORE

- Se abbiamo istruzioni per sommare (moltiplicare, ecc) due numeri scalari, come possiamo applicare la stessa operazione su più numeri ?
- Soluzione: definire una variabile *accumulatore* **A** ed applicare la stessa operazione tra A e ogni valore in questione.

- **Algoritmo**: dati i ***n*** valori (X_1, X_2, … X_n)
  1) inizializzare l'accumulatore **Y**
  2) applicare l'operazione tra l'accumulatore e ogni valore X_i, memorizzando il risultato nell'accumulatore.

- **Inizializzazione**:

  Metodo A: "azzerare" per accumulare poi tutti gli elementi X_i
  - per *sommare / moltiplicare*, inizializzare con 0 / 1
  - per *max / min*, inizializzare con un numero piccolo / grande.

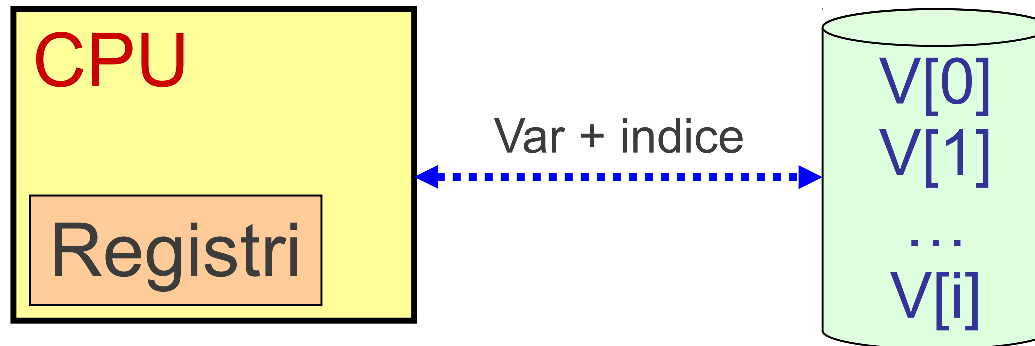
  Metodo B: inizializzare l'accumulatore con il primo valore X_1, per accumulare poi con tutti i valori tranne il primo.

Strutture dati: **Vettori**

- Per poter elaborare più valori, occorre organizzarne in una **struttura dati**. L'efficienza degli algoritmi dipende dalla struttura utilizzata.

- La struttura più semplice è il **vettore,** nel quale ***N*** valori sono memorizzati in ***N*** successive celle *(struttura lineare)*.
- Un vettore **X** (o **X[ ]**) è localizzato nella RAM partendo da un certo indirizzo (del vettore **X**).
- Ogni elemento del vettore **X** viene riferito tramite un **indice *i*** che varia da **0** a ***N***-1 (elemento ***i***: **X[i]**)
- L'indice ***i*** di ogni elemento **X*i*** determina il suo indirizzo relativo rispetto l'indirizzo del vettore ***X**,*   (***i*** * *byte-per-codificare-un-valore-Xi*)
- L'indirizzo assoluto (nella RAM) di ogni elemento **X*i*** è uguale all' *indirizzo del vettore* **X** più *l'indirizzo relativo di **Xi***.

Riferimento a dati vettoriali

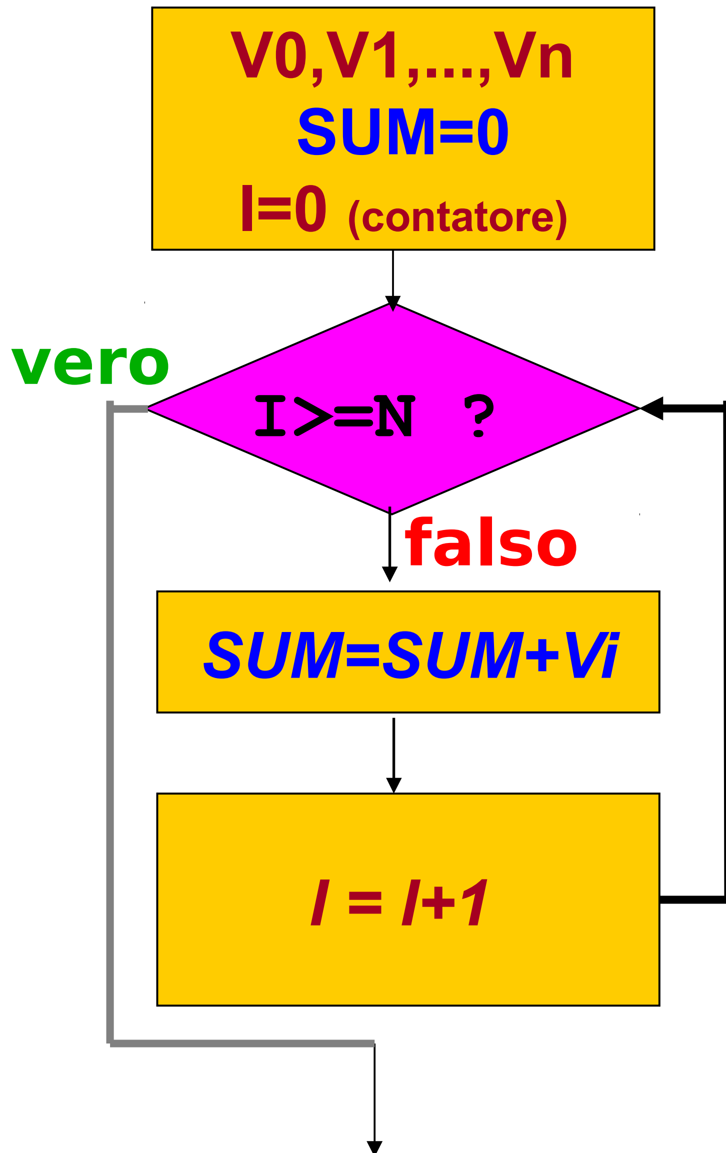


- LOAD ***R***, ***Var***, ***Ri*** carica nel registro-dati ***R*** il contenuto
  LOAD ***R***, ***Var***, ***i*** del elemento **[Ri]/i** della variabile ***Var*** (l'indice = contenuto del registro ***Ri***)

- STORE ***R***, ***Var***, ***Ri*** copia il contenuto del registro dati ***R***
  STORE ***R***, ***Var***, ***i*** nel elemento **[Ri]/i** della variabile **Var**

In ***microcalc***, ogni variabile potrebbe essere un vettore (massimo 20 elementi):
V: INT 10 15 20 25 30; - definisce i valori iniziali di un vettore V (i=0,1,2,3,4)
LOAD R1 V 4; - carica in R1 il 5° elemento di V
STORE R1 V 8; - imposta il valore del 9° elemento di V

SOMMA VETTORIALE




```
V: INT 3 10 2 -1 -4; Vettore V
N: INT 5;     lunghezza di V
S: INT;       Accumulatore - Somma

LOAD R0 0;    Indice i=0
LOAD R1 N;    Numero elementi in V
LOAD R2 0;    Acc=0

Testa: COMP R0 R1; i-N
BRGE Post;    se i>=N, fine ciclo
LOAD R3 V R0; V[i]
ADD R2 R3;    Acc=Acc+V[i]
ADD R0 1;     i=i+1;
BRANCH Testa;

Post: STORE R2 S; S=Acc
STOP;
```

SOMMA VETTORIALE (2)

V0,V1,...,Vn
SUM=V0
I=1 (contatore)

vero — I>=N ? — falso

SUM=SUM+Vi

I = I+1

```
V: INT 3 10 2 -1 -4; Vettore V
N: INT 5;   lunghezza di V
S: INT;     Accumulatore - Somma

LOAD R0 1; Indice i=0
LOAD R1 N;
LOAD R2 V 0; Acc=V[0]

Testa: COMP R0 R1; i-N
BRGE Post;  se i>=N, fine ciclo
LOAD R3 V R0; V[i]
ADD R2 R3;  Acc=Acc+V[i]
ADD R0 1;   i=i+1;
BRANCH Testa;

Post: STORE R2 S;
STOP;
```