

Istruzioni

- Le *istruzioni* esprimono *azioni* che, una volta eseguite, comportano una *modifica permanente dello stato interno* del programma o del mondo circostante.
- Finora abbiamo imparato come fare ad eseguire un programma che prevede *istruzioni* semplici
 - lettura di dati di input
 - calcolo di risultati tramite espressioni
 - stampa dei risultati
- Non tutti i programmi si possono scrivere così: ci serve qualche struttura in più.
- Le *strutture di controllo* permettono di aggregare istruzioni semplici in istruzioni più complesse.

ISTRUZIONI

- 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 una *istruzione semplice*.

- Esempi

```
x = 0; y = 1;    /* due istruzioni */
3;             /* non fa nulla */
x+1;          // calcola x+1,
              // poi non usa il risultato
;             /* istruz. vuota*/
```

ISTRUZIONI DI CONTROLLO

- Una istruzione di controllo può essere:
 - una *istruzione composta* (blocco)
 - una *istruzione condizionale* (selezione)
 - una *istruzione di iterazione* (ciclo)

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

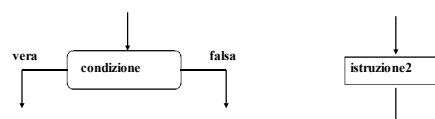


PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA

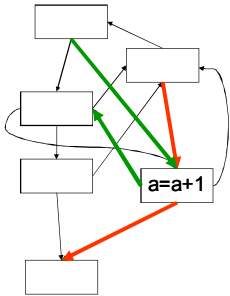
- **Obiettivo:** rendere più facile la lettura dei programmi (e quindi la loro modifica e manutenzione).
- Abolizione di salti incondizionati (*go to*) nel flusso di controllo.
- La parte esecutiva di un programma viene vista come un comando (complesso) ottenuto da *istruzioni elementari*, mediante alcune regole di composizione (*strutture di controllo*).

DIAGRAMMI DI FLUSSO

- Rappresentano graficamente il flusso di esecuzione di un programma
- Due componenti fondamentali

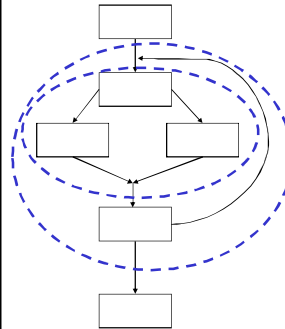


Un tempo si programmava così



- Se ho bisogno di modificare un blocco di programma, devo considerare tutti i possibili punti da cui ci si può arrivare → modificare un programma diventa quasi impossibile
- Ad esempio, può succedere di accorgersi di un errore in un blocco: analizzo il programma seguendo le frecce rosse e mi accorgo che $a=a+1$ dovrebbe essere $a=a+2$
- Però io posso eseguire quell'istruzione anche seguendo le frecce verdi ed in questo caso $a=a+1$ è corretto.
- Come posso arrivare ad un programma corretto??

Nella programmazione strutturata



- Ogni struttura ha un solo punto di ingresso ed uno di uscita, quindi può essere considerato una "macro-istruzione"
- So quindi sempre da dove arrivo ad un certo blocco, quindi riesco a capire meglio qual è il valore delle variabili e riesco a fare le modifiche
- Non ci sono "incroci"
- Il programma è più facile da comprendere

STRUTTURE DI CONTROLLO

- **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")



Teorema (Corrado Böhm - Giuseppe Jacopini, 1966):
Qualsiasi algoritmo può essere trasformato in un algoritmo equivalente composto soltanto di combinazioni di sequenze, selezioni e iterazioni

Scelte

- Voglio scrivere un programma che legge un numero in ingresso x , a seconda che il numero sia pari o dispari, visualizza la scritta "pari" o la scritta "dispari"
- **Algoritmo:**
 - leggi x ;
 - calcola $r =$ resto della divisione fra x e 2
 - se r è uguale a 0
 - stampa "pari"
 - altrimenti stampa "dispari"
- Ho bisogno di un'istruzione che, a seconda se è verificata o meno una condizione, esegua la prima istruzione oppure la seconda

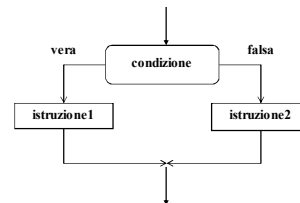
ISTRUZIONI CONDIZIONALI

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

- la seconda *non* è essenziale.

ISTRUZIONE DI SCELTA SEMPLICE

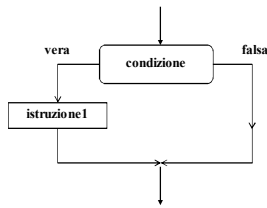
`<scelta> ::= if (<cond>) <istruzione1>`
`[else <istruzione2>]`



La condizione viene valutata al momento dell'esecuzione dell'`if`.

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 l'**if**.

Condizioni

- In linguaggio C, le condizioni sono normali espressioni:
 - Se il risultato di un'espressione è **zero**, si intende che la condizione è **falsa**
 - altrimenti (**qualunque valore diverso da zero**) la condizione è **vera**

Operatori Relazionali

- In C gli operatori relazionali denotano un valore intero
 - 0 sta per **falso** (condizione non verificata)
 - 1 sta per **vero** (condizione verificata)

relazione	C
uguaglianza	==
diversità	!=
maggiore di	>
minore di	<
maggiore o uguale a	>=
minore o uguale a	<=

Es.
3 > 0 ➡ 1
3 == 0 ➡ 0

Si può anche assegnare il risultato ad una variabile:

```
x = (3 > 0);
```

Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int x, r;
    printf("Inserisci x: ");
    scanf("%d", &x);
    r = x % 2;
    if (x==0)
        printf("pari");
        // eseguita se la condizione è vera
    else printf("dispari");
        // eseguita se la condizione è falsa
    printf("\nFine Programma\n");
    /* eseguita comunque (fuori dall'if)*/
}
```

ESEMPIO di ISTRUZIONE IF

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

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

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

Problema

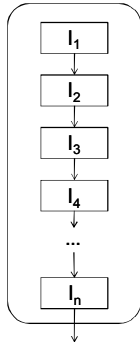
- Es. nella divisione, voglio controllare che il divisore non sia zero.
- **Algoritmo**:
 - leggi dividendo e divisore
 - se divisore != 0
 - calcola il quoziente
 - calcola il resto
 - visualizza quoziente e resto
 - altrimenti stampa "Divisione impossibile"
- **Problema**: devo eseguire più di una istruzione in uno dei due rami

Idea: devo raggruppare una sequenza di istruzioni in un'unica istruzione

BLOCCO

```
<blocco> ::= {  
  [ <dichiarazioni e  
  definizioni> ]  
  { <istruzione> }  
}
```

- Il campo di visibilità dei simboli definiti nel blocco è ristretto al blocco stesso
- dopo un blocco non occorre il punto e virgola (esso *termina* le istruzioni semplici, non *separa* istruzioni)



ESEMPIO di BLOCCO

Abbiamo già visto un esempio di blocco: nel main c'è sempre un blocco

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

Blocco all'interno di una selezione

```
#include <stdio.h>  
  
main()  
{ int dividendo, divisore, quoziente, resto;  
  printf("inserisci il dividendo: ");  
  scanf("%d",&dividendo);  
  printf("inserisci il divisore: ");  
  scanf("%d",&divisore);  
  if (divisore != 0)  
  { quoziente = dividendo / divisore;  
    resto = dividendo % divisore;  
    printf("quoziente: %d\n",quoziente);  
    printf("resto: %d\n",resto);  
  }  
  else printf("divisione impossibile");  
}
```

Dichiarazioni in un blocco

```
#include <stdio.h>  
  
main()  
{ int dividendo, divisore;  
  printf("inserisci il divi  
scanf("%d",&dividendo);  
  printf("inserisci il divi  
scanf("%d",&divisore);  
  if (divisore != 0)  
  { int quoziente, resto;  
    quoziente = dividendo / divisore;  
    resto = dividendo % divisore;  
    printf("quoziente: %d\n",quoziente);  
    printf("resto: %d\n",resto);  
  }  
  else printf("divisione impossibile");  
}
```

Visto che le variabili quoziente e resto sono usate solo in uno dei due rami, posso definirle all'interno di questo blocco

Campo d'azione (scope)

- il **campo d'azione (scope)** di una variabile è la parte di programma in cui la variabile è nota e può essere manipolata

- in C, Pascal: determinabile *staticamente*. In C lo scope è il **blocco** in cui la variabile è definita
- in LISP: determinabile *dinamicamente*

```
#include ...  
main()  
{int x;  
  ...  
}
```

scope di x

Es.: scope delle variabili

```
#include <stdio.h>  
  
main()  
{ int dividendo, divisore;  
  printf("inserisci il dividendo: ");  
  scanf("%d",&dividendo);  
  printf("inserisci il divisore: ");  
  scanf("%d",&divisore);  
  if (divisore != 0)  
  {int quoziente, resto;  
    quoziente = dividendo / divisore;  
    resto = dividendo % divisore;  
    printf("quoziente: %d\n",quoziente);  
    printf(" resto: %d\n",resto);  
  }  
  else printf("divisione impossibile");  
}
```

scope di dividendo e divisore

scope di quoziente e resto

Scope

- il concetto di scope diventerà importante quando studieremo le funzioni.
- In alcuni casi, può essere utile definire le variabili nei blocchi interni

– es, per risparmiare memoria (quando ho delle variabili che occupano molta memoria, che vedremo più avanti)

```
main()
{
    ...
    if (condizione)
    { TipoCheOccupamoltaMemoria1 var1;
      ...
    }
    else
    { TipoCheOccupamoltaMemoria2 var2;
      ...
    }
}
```

In pratica i compilatori C non fanno questa ottimizzazione

- Se avessi definito entrambe le variabili nel main, avrei avuto bisogno di una quantità di memoria pari alla somma

Scope: correzione errori

```
#include <stdio.h>

main()
{ int dividendo, divisore;
  printf("inserisci il dividendo:");
  scanf("%d",&dividendo);
  printf("inserisci il divisore:");
  scanf("%d",&quoziente);
  if (divisore != 0)
  { int quoziente, resto;
    quoziente = dividendo /
    resto = dividendo % divi
    printf("quoziente: %d\n",res
    printf("resto: %d\n",res
  }
  else printf("divisione impossibile");
}
```

Mi sono sbagliato: ho usato la variabile quoziente invece di divisore: il compilatore mi dà errore. Se avessi definito quoziente nel blocco main, il compilatore non mi direbbe dov'è l'errore e dovrei cercarlo a mano.

Operatori logici

- Spesso è necessario *combinare* più condizioni in una
- Es: verificare se un numero è (strettamente) compreso fra 0 e 10

```
main()
{ int a=30;
  if (0<a<10)
    printf("si");
  else printf("no");
}
```

- Che cosa visualizza?
- Vorremmo creare una condizione vera se sono vere due condizioni: $0 < a \text{ e } a < 10$

OPERATORI LOGICI

Connettivo	Num argomenti	Vero se	Sintassi C
not	1	argomento è falso	!
and	2	entrambi argomenti veri	&&
or	2	almeno un argomento vero	

- Anche le espressioni logiche denotano un valore intero**

- da interpretare come vero (1) o falso (0)**

Es.

- $0 \ \&\& \ 1$ ➡ $(3 > 3) \ || \ 0$ ➡
- $5 \ || \ 7$ ➡ $-1 < (6 != 7)$ ➡
- $2 == (1 \ || \ 2)$ ➡ $-3 < -2 < -1$ ➡

28

Esempio

- Programma che visualizza se il numero inserito è compreso fra 0 e 100

```
#include <stdio.h>
main()
{ int x;
  printf("Inserisci un numero ");
  scanf("%d",&x);
  if ((x<=100) && (x>=0))
    printf("%d e` compreso fra 0 e 100",x);
  else printf("%d non e` compreso fra 0 e 100",x);
}
```

29

Valutazione in corto-circuito

- la valutazione dell'espressione cessa appena si è in grado di determinare il risultato
- il secondo operando è valutato solo se necessario
 - $x * x >= 0 \ || \ y < 0$
già vera in partenza perché la prima condizione è sempre vera
 - $0 \ \&\& \ x$
già falsa in partenza perché 0 è falso
 - $a > b \ \&\& \ b > a \ \&\& \ c > a$
siccome $a > b$ e $b > a$ non possono essere vere contemporaneamente, la terza condizione non viene mai valutata.
 - $a \ || \ b \ || \ c$
se $a \ || \ b$ è vero, il secondo $||$ non viene neanche valutato

30

Vediamo se abbiamo capito ...

- Verificare se 3 numeri sono uguali. Posso scrivere così?

```
if (a==b==c) printf("si");  
else printf("no");
```

- Vedere se una fra le due variabili x e y è maggiore di 3

```
if (x|y>3) printf("si");  
else printf("no");
```

- Valutare se y è divisibile per x (considerando che x potrebbe essere 0)

```
if ((y%x==0) && (x!=0)) printf("si");  
else printf("no");
```

31

Esercizi

- Leggere da tastiera due numeri e visualizzare il maggiore
- Leggere da tastiera un numero e visualizzare il suo valore assoluto
 - il valore assoluto di un numero x è
 - il numero x stesso se è positivo
 - il valore -x se x è negativo
- Leggere un numero e,
 - se è strettamente compreso fra 0 e 100 visualizzare il numero,
 - altrimenti visualizzare 0
- Leggere 4 numeri che rappresentano le coordinate di 2 punti e dire se i 2 punti coincidono
- Leggere 3 voti da tastiera e dire se almeno uno è sufficiente (≥ 18)

32

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

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

Regola semantica:
l'else è sempre associato
all'if più interno

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

Se vogliamo cambiare questa
semantica, dobbiamo inserire un
blocco

ESEMPIO

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 si deciderne il tipo (scaleno, isoscele, equilatero).

Vincolo: deve essere $c \leq (a+b)$

- Rappresentazione delle informazioni:

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

ESEMPIO

Specifico:

```
se  $c \leq (a+b)$   
  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
```

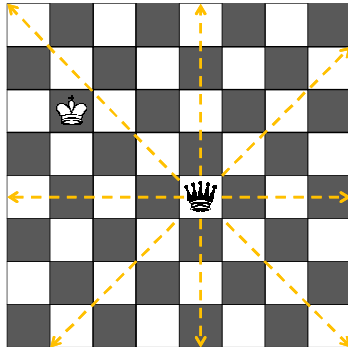
ESEMPIO

```
main ()  
{ float a=1.5, b=3.0, c=4.0;  
  int triangolo, scaleno, isoscele, equil;  
  if (c <= a+b)  
  { triangolo=1;  
    if (a==b && b==c)  
      { equil=1; isoscele=1; scaleno=0; }  
    else if (a==b || b==c || a==c)  
      { isoscele=1; scaleno=0; equil=0; }  
    else  
      { scaleno=1; isoscele=0; equil=0; }  
  }  
  else triangolo=0;  
}
```

E' importante indentare correttamente per capire subito a quale if si riferisce un else

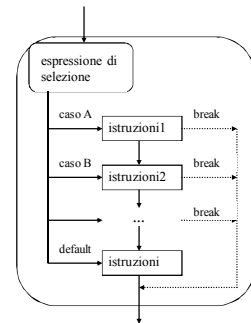
Scacco!

- Leggere da tastiera la posizione del re e della regina
- Dire se il re è sotto scacco



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 o carattere).



ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

```
<scelta-multipla> ::=
switch (selettore) {
  case <etichetta1> : <istruzioni> [break;]
  case <etichetta2> : <istruzioni> [break;]
  ...
  [ default : <istruzioni> ]
}
```

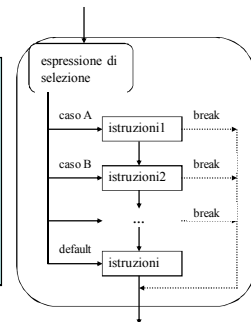
Sequenze, non occorre il blocco

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

- Il valore dell'espressione *selettore* viene confrontato con le etichette (costanti dello stesso tipo del selettore) dei vari casi: *l'esecuzione prosegue dal ramo corrispondente* (se esiste).

NOTA

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



ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

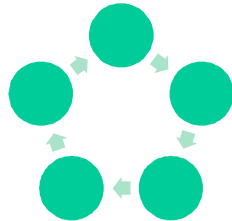
```
switch (mese)
{
  case 1 : giorni = 31; break;
  case 2: if (bisestile) giorni = 29;
          else giorni = 28;
          break;
  case 3: giorni = 31; break;
  case 4: giorni = 30; break;
  ...
  case 12: giorni = 31;
}
```

ISTRUZIONE DI SCELTA MULTIPLA

- Alternativa


```
switch (mese)
{
  case 2:
    if (bisestile) giorni = 29;
    else giorni = 28;
    break;
  case 4: giorni = 30; break;
  case 5: giorni = 30; break;
  case 9: giorni = 30; break;
  case 11: giorni = 30; break;
  default: giorni = 31;
}
```

I cicli



Interessi composti

- Nel mio conto corrente ho 1000 euro.
- La banca mi dà un interesse del 10% annuo
- Dopo quanti anni supero i 1500 euro?



Traccia

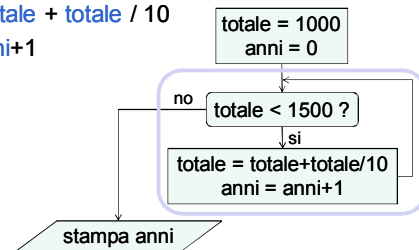
Anno	Totale
0	1000
1	1000+100=1100
2	1100+110=1210
3	1210+121=1331
4	1331+133=1464
5	1464+146=1610

 1610 > 1500

- Risultato: ci vogliono 5 anni

ALGORITMO

- Il **totale** inizialmente è 1000.
- Il numero di **anni** è 0
- Finché il **totale** è minore di 1500, esegui
 - $\text{totale} = \text{totale} + \text{totale} / 10$
 - $\text{anni} = \text{anni} + 1$
- Stampa **anni**




VARIANTE

- La mia banca mi dà un interesse annuo del 10%
- All'inizio ho 1000€
- Quanti soldi avrò dopo 3 anni?

Traccia

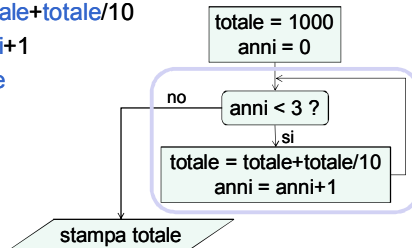
Anno	Totale
0	1000
1	1000+100=1100
2	1100+110=1210
3	1210+121=1331

Anno=3 

- Risultato: dopo 3 anni ho 1331 euro

ALGORITMO

- Il **totale** inizialmente è 1000.
- Il numero di **anni** è 0
- Finché il numero di **anni** è minore di 3, esegui
 - $\text{totale} = \text{totale} + \text{totale}/10$
 - $\text{anni} = \text{anni} + 1$
- Stampa **totale**



DI CHE COSA HO BISOGNO?

- Devo eseguire più volte lo stesso codice.
- Eseguire un gruppo di istruzioni finché una condizione è vera
- Eseguire un gruppo di istruzioni per un numero prefissato di volte

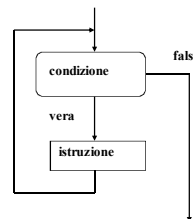
ISTRUZIONI DI ITERAZIONE

`<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 azione* in una computazione sequenziale.

ISTRUZIONE `while`

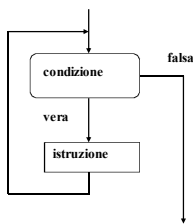
`<while> ::=`
`while(<condizione>) <istruzione>`



- 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, 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*.

Interessi composti

- La banca mi dà un interesse annuo del 10%
- All'inizio ho 1000€
- **Quanti anni** devo aspettare per raggiungere 1500€?

INTERESSI COMPOSTI

- La banca mi dà un interesse annuo del 10%
- All'inizio ho 1000€
- Quanti soldi avrò dopo 3 anni?

SOMMA DI N NUMERI

- Si legga da tastiera un numero N
- Si leggano da tastiera N valori e se ne calcoli la somma
- Si visualizzi la somma dei valori

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

```
#include <stdio.h>
main() /* Somma di N valori */
{ int sum, val, N, i;

  printf("Quanti sono i valori?");
  scanf("%d", &N);
  sum = 0;
  i = 1;
  while (i <= N)
  { printf("Dammi il valore n.%d:", i);
    scanf("%d", &val);
    sum = sum+val;
    i = i+1;
  }
  printf("Risultato: %d", sum);
}
```

MOLTIPLICAZIONE COME SEQUENZA DI SOMME

```
/* 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

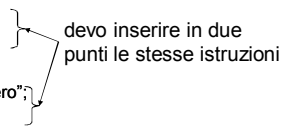
```
/* Calcolo del fattoriale di un numero N */
#include <stdio.h>
main()
{ int F, N, I;
  F=1; /* inizializzazione del fattoriale*/
  I=1; /* inizializzazione del contatore*/
  printf("Dammi N:");
  scanf("%d", &N);

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

CICLI A CONDIZIONE FINALE

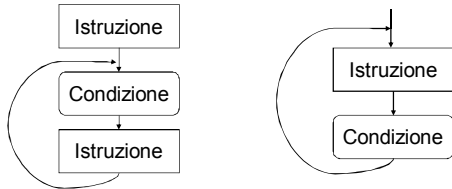
- Leggere un insieme di numeri e calcolarne la somma: non so a priori quanti sono i numeri
- Voglio chiedere all'utente i numeri e terminare la sequenza quando inserisce un codice speciale (ad esempio, 0)
- Algoritmo:

```
sum = 0;
stampa "inserisci un numero";
leggi num;
while (num != 0)
{ sum = sum + num;
  stampa "inserisci un numero";
  leggi num;
}
stampa sum;
```



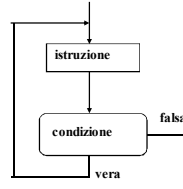
CICLI A CONDIZIONE FINALE

- Se ho bisogno di eseguire l'istruzione prima di verificare la condizione, con il `while` devo riportare all'inizio l'istruzione
- In questo caso sarebbe più comodo un ciclo in cui prima eseguo l'istruzione e poi verifico la condizione



ISTRUZIONE `do..while`

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



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

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

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

```
/* Calcolo della somma di N numeri, N non
noto a priori */
#include <stdio.h>
main()
{ int sum, num;
  sum = 0;
  num = 0;
  do
  { sum = sum + num;
    printf("Dammi un numero (0 termina) ");
    scanf("%d", &num);
  } while (num != 0);
  printf("La somma e' %d", sum);
}
```

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=1; /* inizializzazione del contatore*/
  printf("Dammi N:");
  scanf("%d", &N);
  do
  { F = I*F;
    I = I+1;
  }
  while (I <= N);
  printf("\nIl fattoriale e' %d", F);
}
```

ESEMPIO

- 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);
```

OPERATORI DI ASSEGNAZIONE COMPATTI

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

`l-espr OP= <espressione>`

è "quasi equivalente" a

`l-espr = l-espr OP <espressione>`

dove OP è un operatore fra: `+, -, *, /, %, >>, <<, &, ^, |`

- Es:

```
- a += 3;      vuol dire      a = a+3;
- b *= a;     vuol dire      b = b*a;
```

- Esiste poi una forma di assegnamento ancora più compatta: **incremento** e **decremento**

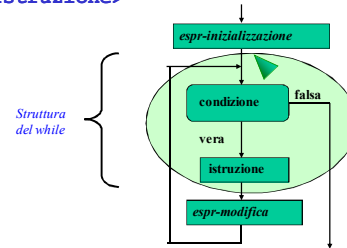
```
• a++;      vuol dire      a = a+1;
• a--;      vuol dire      a = a-1;
```

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 il numero di volte in cui dovrà essere eseguito il ciclo.

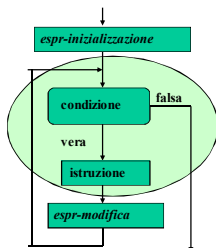
ISTRUZIONE for

```
<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* prima di iniziare l'iterazione.

Condizione: **<cond>**

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

Espressione di modifica: **<espr-modifica>**

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

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

```
#include <stdio.h>
main() /* Somma di N valori*/
{ int    sum,val,N,i;

  printf("Quanti sono i valori?");
  scanf("%d",&N);
  sum = 0;
  for(i = 1; i <= N;i++)
  { printf("Dammi il valore n. %d:",i);
    scanf("%d",&val);
    sum=sum+val;
  }
  printf("Risultato: %d",sum);
}
```

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

RIPRENDIAMO IL CASO DEL WHILE

```
#include <stdio.h>
main() /* Somma di N valori */
{ int    sum,val,N,i;

  printf("Quanti sono i valori?");
  scanf("%d",&N);
  sum = 0;
  i = 1;
  while (i <= N)
  { printf("Dammi il valore n. %d:",i);
    scanf("%d",&val);
    sum = sum+val;
    i = i+1;
  }
  printf("Risultato: %d",sum);
}
```

ESEMPIO ISTRUZIONE DI CICLO

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

RIPRENDIAMO IL CASO DEL WHILE

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

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:

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

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

ESEMPIO

Specifica:

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

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

Esercizi

- Verificare se un numero è primo
- Stampare la tavola pitagorica
- Calcolare la fattorizzazione di un numero
- Calcolare tutte le terne pitagoriche in cui il lato è inferiore a 500
- Calcolare la potenza x^n con moltiplicazioni successive

Ancora sulla programmazione strutturata

- L'idea della programmazione strutturata è basata sul fatto che ogni costrutto ha solo un punto di ingresso ed uno di uscita
- Questo significa che
 - i costrutti possono essere considerati come macro-istruzioni
 - è facile capire sotto quali condizioni si esce dall'istruzione
 - posso modificare l'istruzione essendo abbastanza sicuro che non ci saranno grosse ripercussioni in parti non previste del programma
- In C esistono anche istruzioni che non seguono questa filosofia: noi non le usiamo!!!

Istruzioni non strutturate

- if (studente usa "continue")
 - bocciato;
- if (studente usa "goto")
 - bocciato;
- if (studente usa "break")
 - if (è dentro ad uno switch-case)
 - ok
 - else bocciato