ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Output su Terminale

Input e Output

I programmi visti finora non comunicano con l'esterno

Per questa ragione non sono particolarmente utili

In un sistema di elaborazione distinguiamo:

- Input: informazioni in arrivo dall'esterno
- Output: informazioni inviate verso l'esterno

Modalità di input/output più semplici:

- Input da terminale (i.e. da tastiera)
- Output su terminale (i.e. testo)

Oggi vedremo come fare output su terminale in C

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Output su Terminale in C

Il C non dispone di istruzioni di input/output predefinite

L'ambiente C include alcune librerie standard

- Es. math, stdio, string, stdlib
- Una di queste (stdio) mette a disposizione funzioni per I/O
  - "stdio" sta per "STanDard Input/Output"
  - Si parla di "funzioni di libreria"

Per usare la libreria stdio, all'inizio del file .c va aggiunta la riga:

```
#include <stdio.h>
```

Si tratta di una direttiva per il preprocessore

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Direttive per il Preprocessore

Il preprocessore è un programma

- Viene sempre eseguito prima della compilazione
- È in grado di effettuare manipolazioni testuali
- Reagisce a speciali istruzioni chiamate direttive
- Si riconoscono perché cominciano sempre con "#"

Quando incontra `#include <stdio.h>`, il preprocessore:

- Recupera (da un percorso a lui noto) il file "stdio.h"
- Lo copia così com'è nella posizione corrente
- Nel file "stdio.h" è presente molto codice...
- ...In particolare il codice che serve ad usare alcune funzioni

Canali di Input ed Output Standard

Quando uno dei vostri programmi inizia ad eseguire

Il run-time del C lo collega al terminale corrente

- Ciò avviene aprendo due "file di testo"
- Per file di testo si intende una sequenza di caratteri

Questi due file si chiamano `stdin` e `stdout`:

- `stdin` contiene i caratteri immessi nel terminale da tastiera
  - Ne parleremo meglio più avanti
- `stdout` contiene i caratteri da stampare su terminale
  - Oggi impareremo come usarlo

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Ouput con Formato

Alcune funzioni in stdio permettono di fare output con formato

Vuole dire che permettono di specificare:

- Cosa stampare (e.g. testo, valori di espressioni)
- Come stamparlo (e.g. cifre decimali, etc.)

Oggi ne vedremo una, i.e. `printf`. Qualche esempio:

```
printf("Ciao mondo!\n");
printf("Il doppio di a: %d\n", 2*a);
printf("Sono le %d:%d\n", mm, hh);
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Funzione `printf`

La funzione printf ha si usa come segue:

```
printf(<stringa di formato> {, <espressione>})
```

Gli argomenti sono:

- Una stringa di formato (come stampare)
- Una serie di espressioni (sorgenti per i valori da stampare)

```
printf("Il doppio di a: %d\n", 2*a);
```

- `"Il doppio di a: %d"` è la stringa di formato
- Da `2*a` si ottiene un valore da stampare

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Funzione `printf`

- La stringa di formato viene stampata normalmente...
- ...Con l'eccezione dei simboli che iniziano con "%"

Si chiamano specifiche di formato e sono dei "segnaposto":

- Ognuno viene riempito con il risultato di una espressione
- Il primo segnaposto è associato alla prima espressione
- Il secondo alla seconda espressione e così via

```
printf("valori: %d, %d", 2*3, 4-1)
```

A terminale: "valori: 6, 3"

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Specifiche di Formato

Ogni specifica indica <u>come interpretare e stampare</u> un valore

Possiamo distinguere gruppi, associati al tipo del valore:

Specifica di formato	Tipo dell'espressione
%d	int
%f	float
%c	carattere
%s	stringa
%ld	long
%lf	double

Il caso delle stringhe lo riprenderemo più avanti

Specifiche di Formato

Le *specifiche di formato* si utilizzano per indicare come stampare:

- Mettendo N prima della lettera, vengono usati N caratteri

```
printf("%5d", 10) // Stampa "   10"
```

- Aggiungendo anche uno 0 si aggiungo zeri anziché spazi

```
printf("%05d", 10) // Stampa "00010"
```

- Per i float/double con ".N" si indica il numero di decimaali

```
printf("%.2f", 10.5) // Stampa "10.50"
```

Ci sono altre opzione (potete trovarle su Google!)

Specifiche di Formato

Cosa succede se ci si sbaglia?

Dipende dal tipo di errore:

- Scambi nella stessa categoria: da evitare, ma non gravi
  - E.g. %d per un long, %ld per un int, %f per un double
- Scambi in categorie diverse: non funzionano nel modo atteso
  - E.g. %f per un int, %d per un float
- %c per un int: stampa il carattere come numero!

Notare: in questo caso non c'è promozione di tipo

- La specifica di formato non è un cast
- Indica come interpretare una rappresentazione binaria

Caratteri di Controllo

La stringa di formato può contenere caratteri speciali

Qualche esempio:

Specifica di formato	Tipo dell'espressione
\n	nuova linea
\t	tabulazione (spazi)
\r	carriage return
%%	Carattere %
\\	Carattere \

- Su Windows: \n inserisce implicitamente \r\n
- Sui sistemi *nix: \n è semplicemente \n (un singolo carattere)

Qualche Esempio

```
#include <stdio.h>
int main() {
	int a = 12, b = 2;
	float c = 1.5;
	printf("a = %d, b  = %d, c = %f\n", a, b, c);
	printf("doppio a = %d\n", 2*a);
	printf("%5d %.2f\n", b, c);
}
```

Output:

```
a = 12, b = 2, c = 1.50000
doppio  a = 24
    2 1.50
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Qualche Esempio

```
#include <stdio.h>

int main() {
	char c = 'a';
	int c2 = c;
	printf("c = %c, c2  = %d\n", c, c2);
	printf("c = %d, c2  = %c\n", c, c2);
}
```

Output:

```
c = a, c2 = 97
c = 97, c2 = a
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

File stdout

`printf` scrive su un file (virtuale) chiamato stdout

In C, la scrittura su file è bufferizzata

- Quando viene eseguita e.g. `printf("ciao mondo");`
- ...I caratteri non vengono stampati immediatamente
- Sono invece memorizzati un "buffer", periodicamente svuotato

Risultato: in alcuni casi la scrittura "resta indietro"

Alcuni eventi forzano lo svuotamento del buffer:

- Terminazione del programma
- Il carattere '\n'
- La funzione `fflush(stdout)`

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Programmazione Strutturata

Classi di Istruzioni in C

Supponiamo di voler calcolare (con precisione 10^{-6}):

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

Si chiama "funzione zeta di Riemann".

I costrutti che abbiamo visto finora non sono sufficienti!

- Non sappiamo a priori quante somme dovremo fare
- Non abbiamo un modo per fermarci...
- ...Una volta che sia stata raggiunta la precisione desiderata

Classi di Istruzioni in C

In C esistono due classi di istruzioni:

- Istruzioni semplici (quelle che abbiamo visto finora)
- Istruzioni di controllo (aggregano istruzioni semplici)

Dal punto di vista della sintassi:

```
<istruzione> ::= <istr. semplice> | <istr. di controllo>
<istr. semplice> ::= <espressione>;
```

Esempi:

```
x = 0; y = 1;        // due istruzioni
x = 0, y = 1;        // una istruzione
k++;                 // un incremento
;                    // istruzione vuota (è valida!)
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

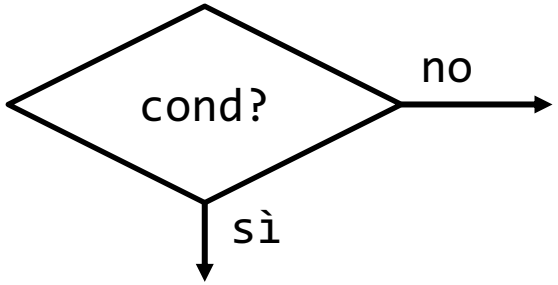
Istruzioni di Controllo

Quali istruzioni di controllo?

Potremmo pensare di ispirarci ai diagrammi di flusso

- Le istruzioni compaiono all'interno di "scatole"
- Il flusso di controllo è rappresentato da frecce

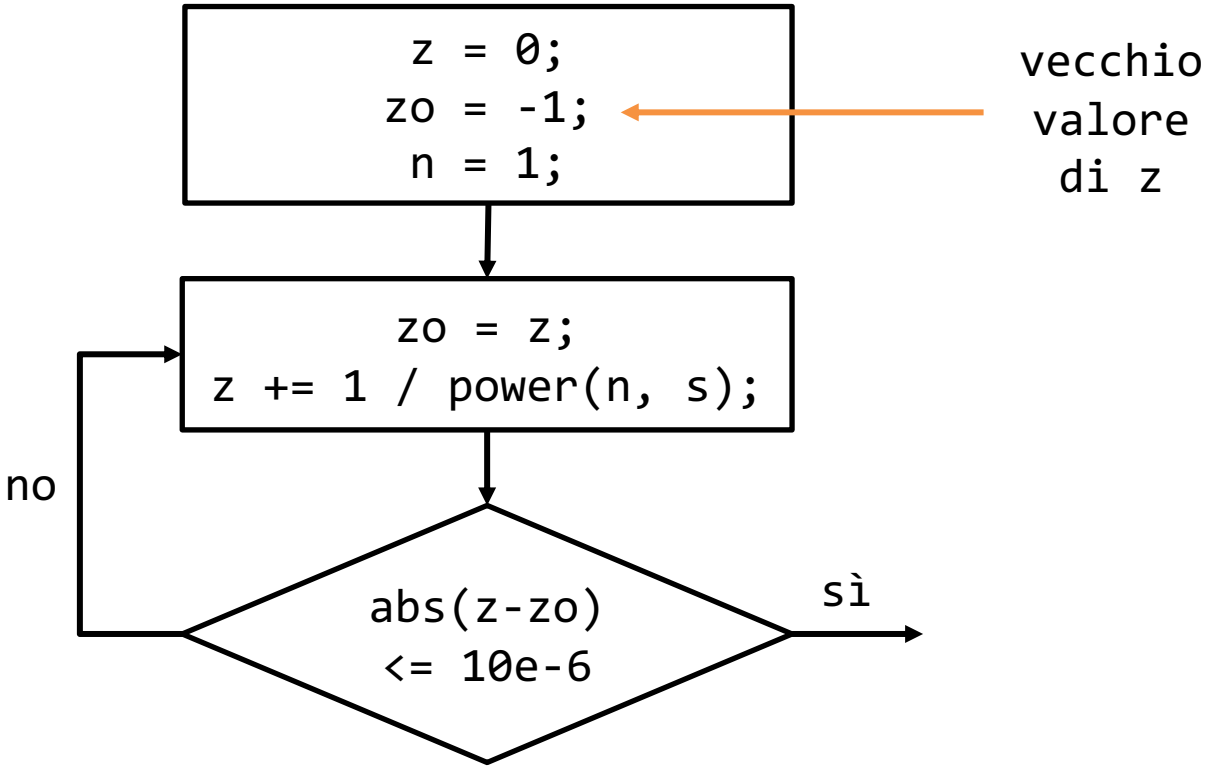
Il diagramma può presentare dei "bivi":



- Se la condizione è soddisfatta si prende il ramo "sì"
- Altrimenti si prende il ramo "no"

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Diagrammi di Flusso

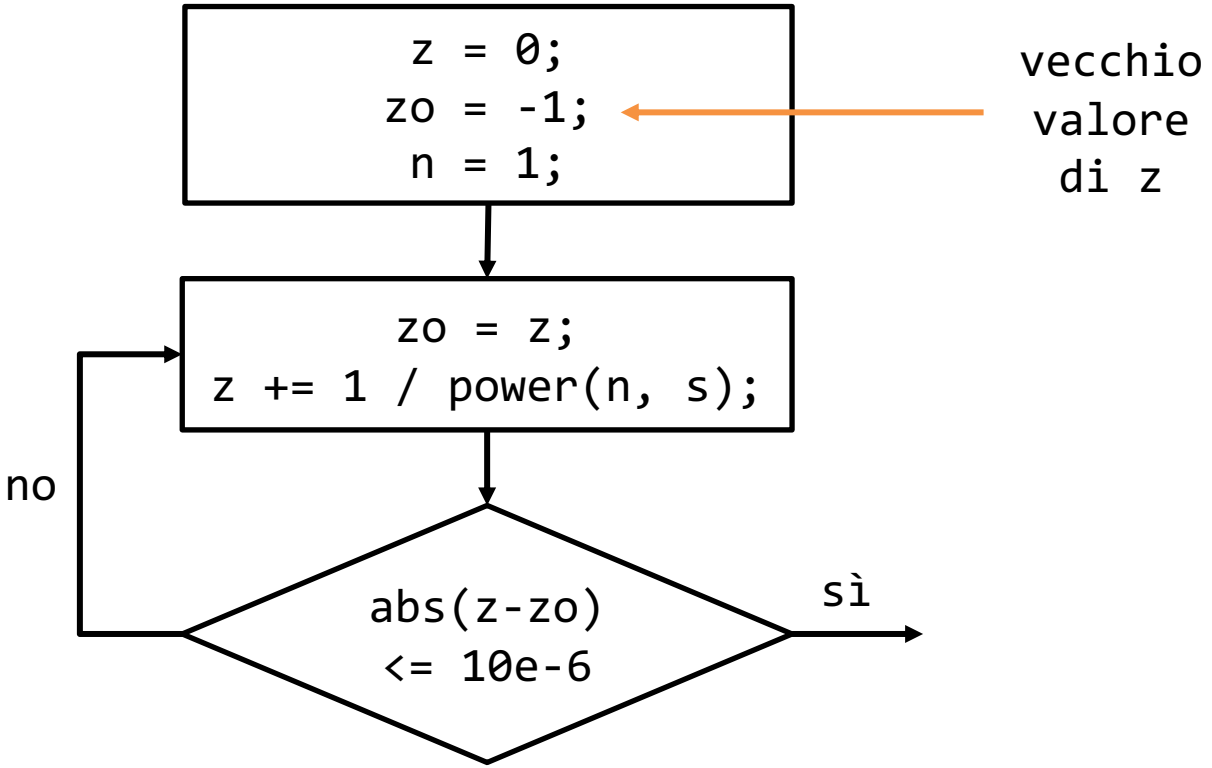


Due modalità di controllo di flusso

- Sequenza (le istruzioni in una scatola si eseguono in fila)
- Salto condizionato (i bivi)

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Diagrammi di Flusso

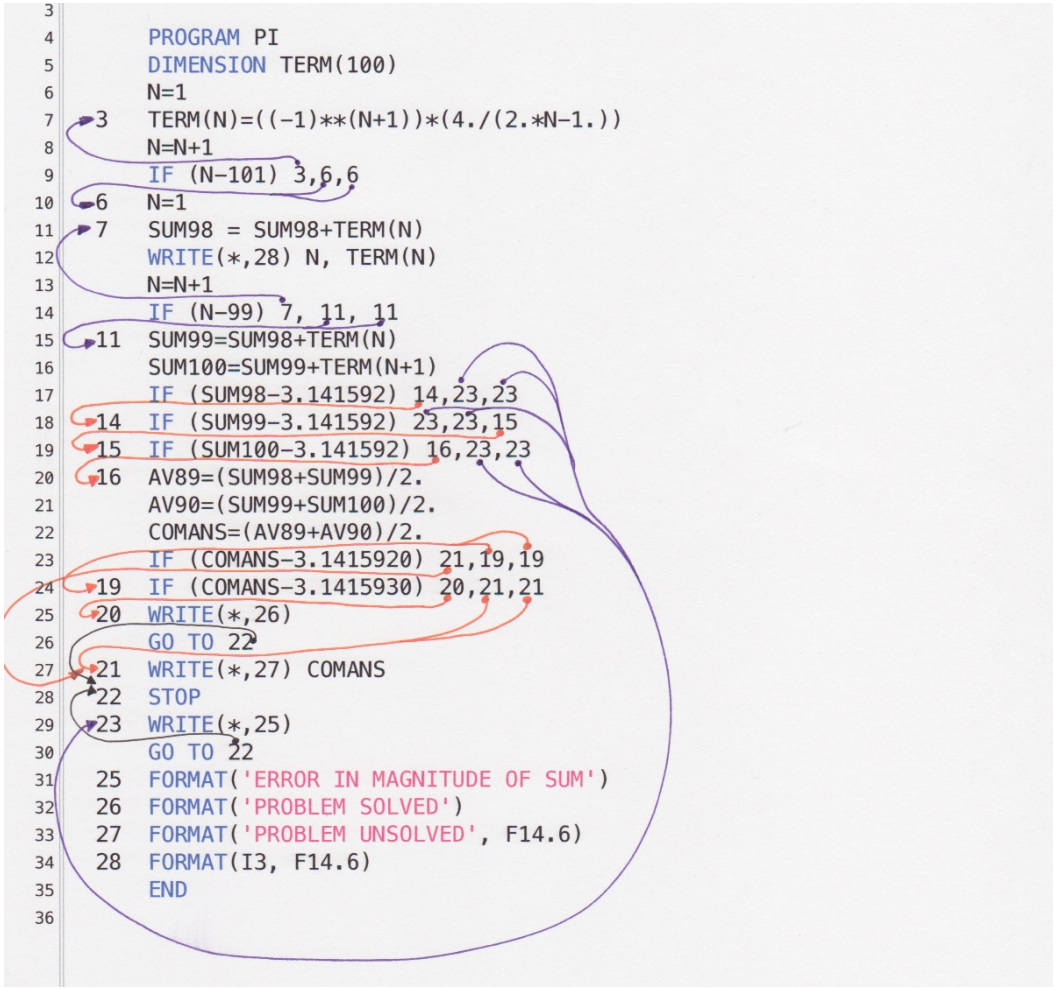


- I diagrammi di flusso erano storicamente molto utilizzati
- Descrivono bene il funzionamento (e.g. del codice assembler)
- Sono semplici da interpretare...

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Diagrammi di Flusso

...Finché non capita di dover scrivere un programma complesso



```
      PROGRAM PI
      DIMENSION TERM(100)
      N=1
3     TERM(N)=((-1)**(N+1))*(4./(2.*N-1.))
      N=N+1
      IF (N-101) 3,6,6
6     N=1
7     SUM98 = SUM98+TERM(N)
      WRITE(*,28) N, TERM(N)
      N=N+1
      IF (N-99) 7, 11, 11
11    SUM99=SUM98+TERM(N)
      SUM100=SUM99+TERM(N+1)
      IF (SUM98-3.141592) 14,23,23
14    IF (SUM99-3.141592) 23,23,15
15    IF (SUM100-3.141592) 16,23,23
16    AV89=(SUM98+SUM99)/2.
      AV90=(SUM99+SUM100)/2.
      COMANS=(AV89+AV90)/2.
      IF (COMANS-3.1415920) 21,19,19
19    IF (COMANS-3.1415930) 20,21,21
20    WRITE(*,26)
      GO TO 22
21    WRITE(*,27) COMANS
22    STOP
23    WRITE(*,25)
      GO TO 22
25    FORMAT('ERROR IN MAGNITUDE OF SUM')
26    FORMAT('PROBLEM SOLVED')
27    FORMAT('PROBLEM UNSOLVED', F14.6)
28    FORMAT(I3, F14.6)
      END
```

Spaghetti Coding

Usando solamente:

- Composizione sequenziale
- Saldo condizionato

Si può scrivere qualunque algoritmo

...Ma è facile produrre codice molto intricato!

Ci si riferisce a questo tipo di risultato come spaghetti coding

- Il rami del flusso di controllo si attorcigliano...
- ...Come in un piatto di spaghetti
- Il codice è corretto, ma poco leggibile e difficile da mantenere

Programmazione Strutturata

Lo spaghetti coding va evitato a tutti i costi

- Negli anni '60 questo problema era molto sentito
- Idea: impedire lo spaghetti coding a livello di linguaggio
- In questo modo sono nati:
  - I linguaggi funzionali (inizialmente LISP)
  - La programmazione strutturata (Edsger W. Dijkstra, 1969)

In programmazione strutturata ci sono tre strutture di controllo:

- Sequenza
- Selezione
- Iterazione

Programmazione Strutturata

Vediamo le idee di base:

Sequenza:

- Le istruzioni vengono eseguite una dopo l'altra
- In C, si usano i blocchi

Selezione

- Viene eseguito un blocco tra tanti, a seconda di una condizione
- In C, si usano le istruzioni `if` e `switch`

Iterazione:

- Un singolo blocco di istruzioni viene eseguito più volte
- In C, si usano le istruzioni `while`, `do..while` e `for`

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Blocchi in C

Programmazione Strutturata

La composizione sequenziale è resa in C mediante i blocchi

La sintassi l'abbiamo già vista:

```
<blocco> ::= { { <istruzione> } }
```

- Le istruzioni in un blocco sono eseguite una dopo l'altra
- Le paretensi graffe in rosso sono caratteri necessari
- Non serve il ";" dopo la parentesi graffa chiusa
- È bene che istruzioni nello stesso blocco...
- ...Abbiano la stessa indentazione

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Blocchi in C: Esempio

Ogni volta che scriviamo un main definiamo un blocco

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a = 3;
    printf("a = %d\n", a);  // qui b non esiste ancora
    int b = 2;
    printf("a * b = %d\n", a*b); // da qui in poi b esiste
    return 0;
}
```

- Le istruzioni sono eseguite in sequenza...
- ...Quindi le variabili esistono solo dopo la definizione

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Blocchi e Variabili

Le variabili definite in un blocco

1) ...Sono utilizzabili solo al suo interno:
   - Il blocco è l'ambito di visibilità (scope) della variabile

2) ...Vengono distrutte al termine del blocco
   - Hanno lo stesso tempo di vita del blocco
   - Distrutte = la memoria viene liberata

Per queste ragioni, tali variabili si dicono locali al blocco

Blocchi e Variabili

Vediamo un esempio con dei blocchi innestati:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a = 3;
    {
        int b = 2;
    }
    printf("a * b = %d\n", a* b); // ERRORE!
}
```

- Nel blocco esterno a è accessibile (e "viva")
- b è accessibile (e "viva") solo nel blocco interno

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Blocchi e Variabili

Vediamo un esempio con dei blocchi innestati:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a = 3;
    {
        int b = 2;
        printf("a * b = %d\n", a* b); // OK
    }
}
```

- Nel blocco esterno a è accessibile (ed "viva")
- b è accessibile (e "viva") solo nel blocco interno

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Località e Nomi di Variabile

Una variabile locale può "mascherare" una variabile esterna

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a = 3;
    {
        int a = 2;
        printf("a = %d\n", a); // a = 2
    }
    printf("a = %d\n", a); // a = 3
}
```

- Ci sono due variabili "a" (una per blocco)
- La variabile "più interna" ha la priorità

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Istruzioni Condizionali

Instruzioni di Selezione

Ci sono due istruzioni di selezione (o condizionali) in C

Dal punto di vista della sintassi:

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

- Basterebbe la prima (che è la più usata)
- La seconda migliora espressività ed efficienza (in certi casi)

Instruzione di Scelta Semplice

Una istruzione di scelta semplice (if) ha la sintassi:

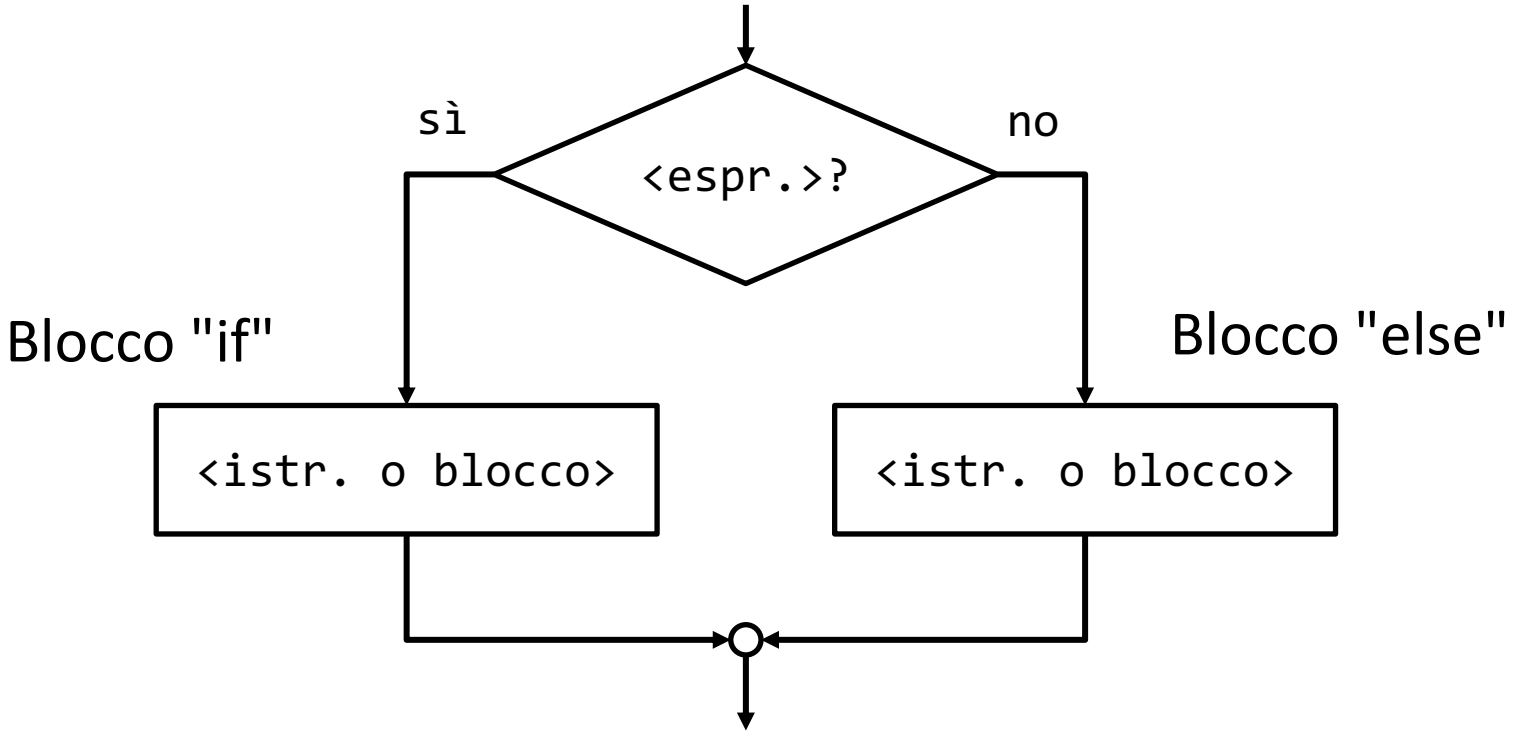
```
<scelta> ::= if (<espr.>) <istr. o blocco>
             [else <istr. of blocco>]
<istr. o blocco> ::= <istruzione> | <blocco>
```

- L'espressione <espr.> viene interpretata come valore logico
  - Viene valutata al momento dell'esecuzione dell'if
- Se <espr.> denota "vero", si esegue la prima istruzione/blocco
- Se <espr.> denota "falso":
  - Se c'è un "else" si esegue la seconda istruzione/blocco
  - Altrimenti non si fa nulla

Instruzione di Scelta Semplice

Si può definire la semantica con un diagramma di flusso

Per un "if" con "else" abbiamo:

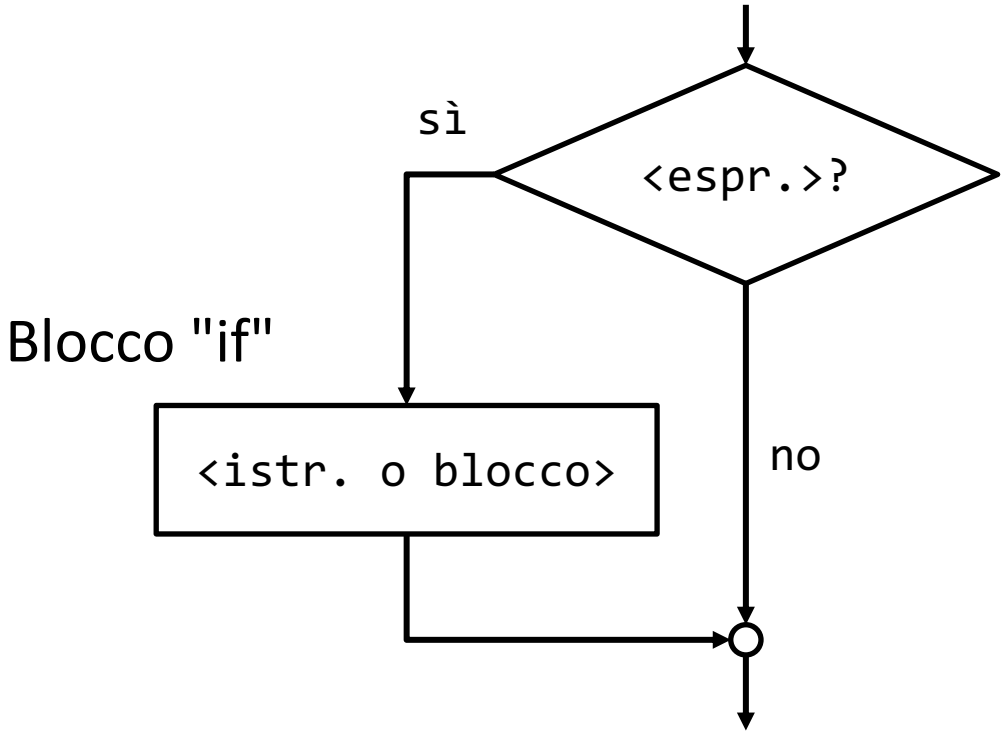


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Instruzione di Scelta Semplice

Si può definire la semantica con un diagramma di flusso

Per un "if" senza "else" abbiamo:



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Instruzione di Scelta Semplice

Vediamo un semplice esempio:

```
if (n > 0) {
        a = b + 5;
        c = a;
}
else n = b;
```

- Abbiamo usato un blocco per la parte "if"
- ...E una singola istruzione per la parte "else"

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Instruzione di Scelta Semplice

Stampa del maggiore di due numeri:

```
#include <stdio.h>
int main() {
   int a = 5, b = 3, max;  // max non inizializzato!
   if (a > b) max = a;
   else max = b;
   printf("max = %d", max);
}
```

- Abbiamo usato un blocco per la parte "if"
- ...E una singola istruzione per la parte "else"

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzioni if annidate

Una istruzione potrebbe essere un altro if!

```
if (y != 0)
   if (x > y) z = x / y;
   else z = y / x; // Riferito a if (x > y)
```

- Attenzione ad associare correttamente gli "else"
- Si riferiscono sempre all'istruione "if" più interna
- Suggerimento: usate l'indentazione per essere più chiari

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzioni if annidate

Una istruzione potrebbe essere un altro if!

```
if (y != 0)
    { if (x > y) z = x / y; }
    else z = y / x; // Riferito a if (y != 0)
```

- Attenzione ad associare correttamente gli "else"
- Si riferiscono sempre all'istruione "if" più interna
- Suggerimento: usate l'indentazione per essere più chiari

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzioni if annidate: Confronto di Orari

Si vogliono confrontare due orari

- Ogni orario è rappresentato con due variabili (ore e minuti):
  - hh1, mm1 e hh2, mm2
- Il risultato del confronto (e.g. cmp) deve valere:
  - -1 se il primo orario precede il secondo
  - 0 se i due orari sono uguali
  - +1 se il primo orario segue il secondo

Esempi:

- hh1 = 12, mm1 = 14, hh2 = 13, mm2 = 5 → cmp = -1
- hh1 = 20, mm1 = 14, hh2 = 13, mm2 = 5 → cmp = 1

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzioni if annidate: Confronto di Orari

```
if (hh1 < hh2) cmp = -1;
else
        if (hh1 > hh2) cmp = -1;
        else
                if (mm1 < mm2) cmp = -1;
                else
                        if (mm2 > mm1) cmp = 1;
                        else cmp = 0;
```

- Lo stesso schema si usa per tutti i confronti lessicografici
- È facile confondersi: usate l'indentazione per chiarire!

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione di Scelta Multipla

In C esiste anche una istruzione di scelta multipla

Esegue istruzioni diverse in base al valore di una espressione

```
<scelta-multipla> ::=
      switch(<espr.>) { <case> {<case>} [<default>] }
<case> ::= case <const>: {<istruzione>}
<default> ::= default: {<istruzione>}
```

- In questo caso <espr.> non è interpretata come valore logico
- Il suo valore viene confrontato con una o più etichette (casi)
- Se il valore corrisponde ad un etichetta...
- ...L'esecuzione salta al "case" corrispondente

Istruzione di Scelta Multipla

Vediamo un esempio:

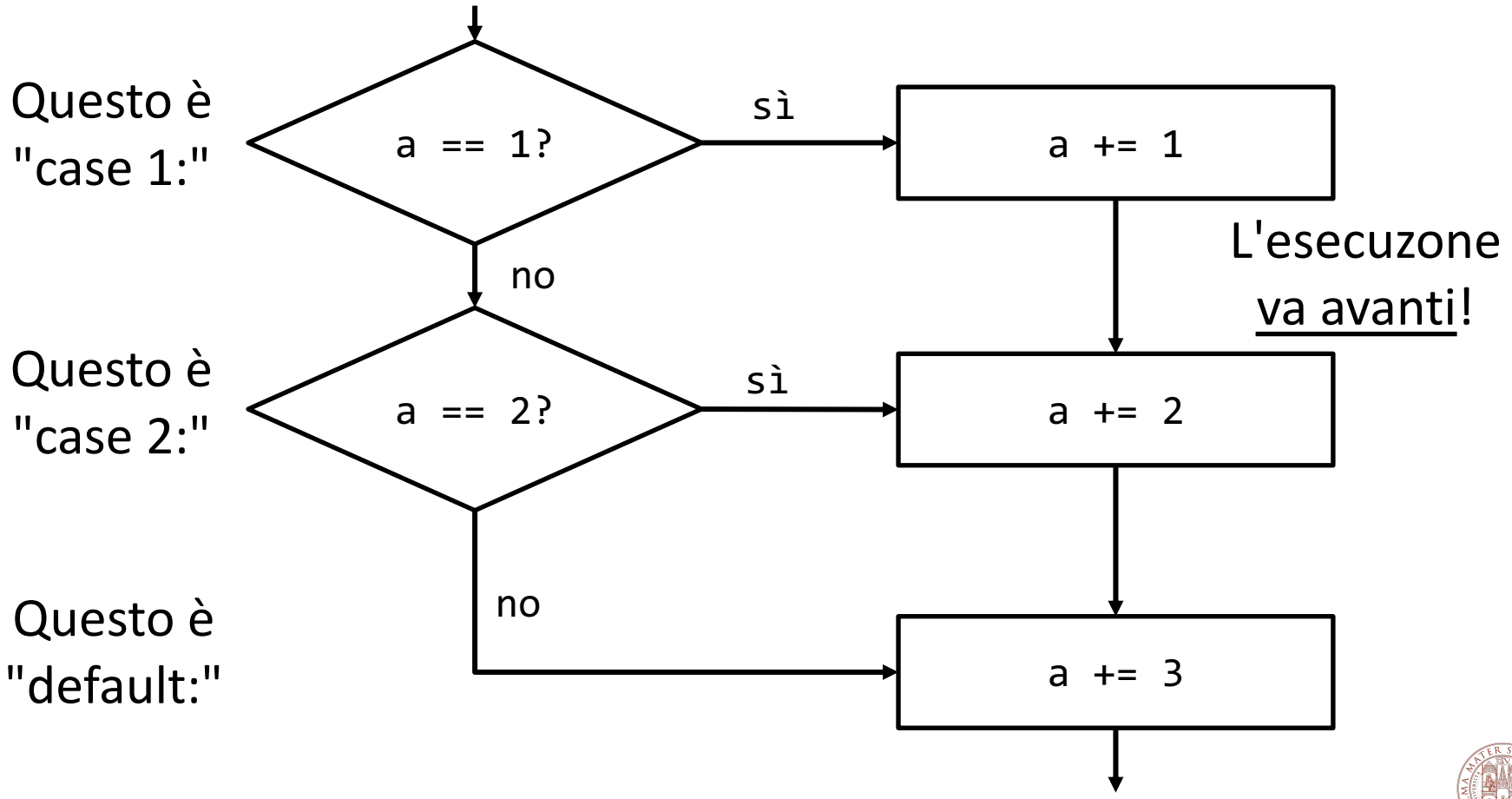
```
switch(a) {
        case 1:
                a += 1;
        case 2:
                a += 2;
        default:
                a += 3;
}
```

- La sintassi è piuttosto complessa
- Si raccomanda l'uso dell'indentazione per chiarezza

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione di Scelta Multipla

Semantica con un diagramma di flusso (il nostro esempio):



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione di Scelta Multipla e break

Probabilmente l'aspetto più strano dell'istruzone switch:

```
switch(a) {
        case 1:
                a += 1;
        case 2:
                a += 2;
        default:
                a += 3;
}
```

- Dopo essere salta a (e.g.) "case 1:" l'esecuzione va avanti
- Vengono eseguiti anche "case 2:" e "default"

Istruzione di Scelta Multipla e break

Probabilmente l'aspetto più strano dell'istruzone switch:

```
switch(a) {
        case 1:
                a += 1;
        case 2:
                a += 2;
        default:
                a += 3;
}
```

- Questo aspetto rende "switch" difficile da utilizzare
- Si può ovviare?

Istruzione di Scelta Multipla e break

Si può usare l'istruzione `break`:

```
switch(a) {
        case 1:
                a += 1;
                break;
        case 2:
                a += 2;
                break;
        default:
                a += 3;
}
```

- L'istruzione "break" quando viene eseguita...
- ...Causa la terminazione immediata del blocco

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione di Scelta Multipla e break

Si può usare l'istruzione break:

```
switch(a) {
        case 1:
                a += 1;
                break;  // Salta alla fine del blocco
        case 2:
                a += 2;
                break;  // Salta alla fine del blocco
        default:
                a += 3;
}
```

- L'istruzione break quando viene eseguita...
- ...Causa la terminazione immediata del blocco

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione break

L'istruzione break in C:

- Rappresenta una violazione della programmazione strutturata!
  - Termina un blocco prima che sia naturale
- È resa disponibile perché può essere molto utile
  - Nel caso di uno switch è praticamente indispensabile
  - In altri casi può migliorare la leggibilità
  - ...Ma solo se usata con parsimonia

break è come la noce moscata nei tortellini

- Se ne metti un po' vengono meglio
- Se ne metti troppa diventano immangiabili

Un Altro Esempio: Giorni in un Mese

```
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;
}
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Istruzioni di Iterazione

Istruzioni di Iterazione

In C esistono tre istruzioni di iterazione:

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

- Si chiamano anche "cicli"
- Hanno un unico punto di entrata e uscita nel flusso di controllo
- ...Esattamente come tutte le altre istruzioni
- Ma eseguono ripetutamente una porzione di codice

Si usano molto di frequente

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione while

Iniziamo dal ciclo while:

```
<while> ::= while(<espr.>) <istr. o blocco>
```

- Si inizia valutando l'espressione <espr.>
- Se <espr.> denota "vero", si esegue l'istruzione/blocco
- Quindi si ricomincia da capo (valutando <espr.>)
- Se <espr.> denota "falso" il ciclo termina, altrimenti si ripete

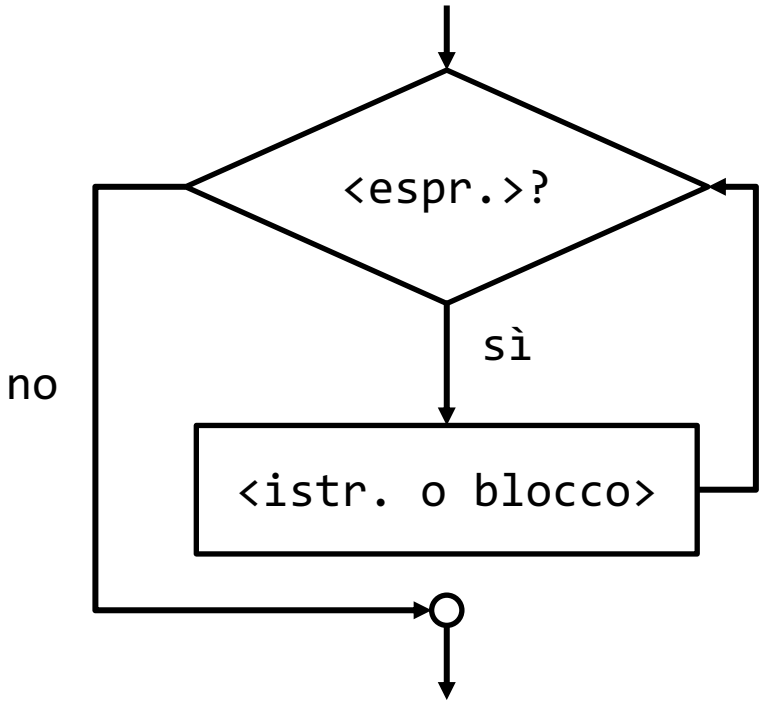
La condizione/espressione è valutata prima di ogni iterazione

- <istr. o blocco> si dice anche "corpo" del ciclo

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione while

Semantica con un diagramma di flusso

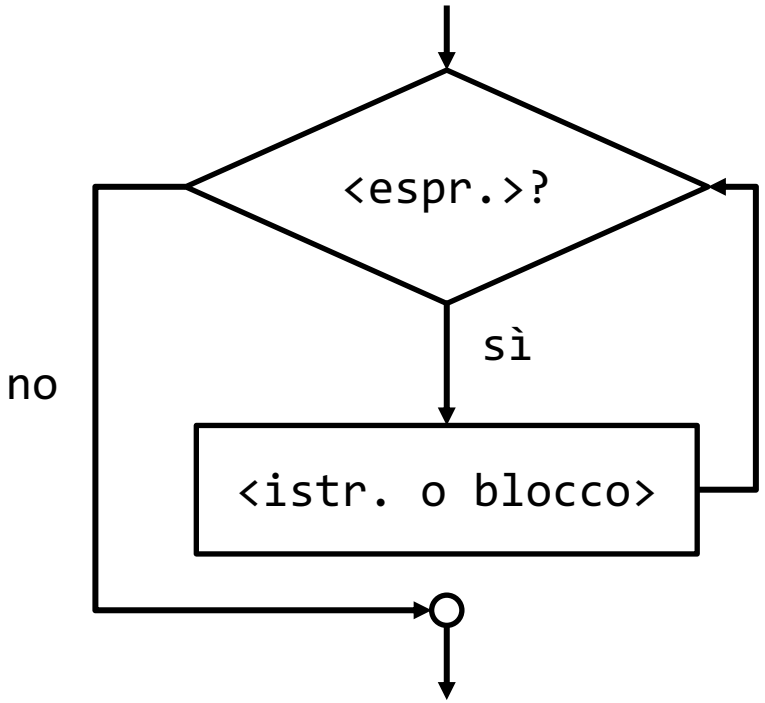


- Il numero di iterazione è in generale indefinito
- Se <espr.> è falsa alla prima valutazione: 0 iterazioni

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione while

Semantica con un diagramma di flusso



- L'istruzione/blocco deve influenzare il risultato di <espr>
- Altrimenti si rischia un ciclo infinito

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Scrivere un programma che:

- Dati due termini a e b (non negativi)
- Calcoli il prodotto a * b
- ...Come sequenza di somme

Qualche esempio:

- a = 4, b = 3: s = 4 + 4 + 4
- a = 2, b = 5: s = 2 + 2 + 2 + 2 + 2
- a = 2, b = 0: s = 0

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Una possibile soluzione:

```
#include <stdio.h>
int main() {
        int a = 4, b = 3;
        int s = 0; // Variabile "accumulatore"
        while (b > 0) {
                s += a;
                b--;
        }
        printf("s = %d\n", s);
}
```

- Ad ogni iterazione sommiamo a ad s e decrementiamo b

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Scrivere un programma che:

- Dato un numero n (non negativo)
- Calcoli il fattoriale di n, i.e.

$$n! = \prod_{i=1}^{n} i$$

* Si ricordi che 0! = 1

Qualche esempio:

- 4! = 4 * 3 * 2 * 1 = 24
- 6! = 6 * 5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 720

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Una possibile soluzione:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int n = 6, i = 2;
    int y = 1;  // Inizializzazione del fattoriale
    while (i <= n) {
        y *= i++;
    }
    printf("y = %d\n", y);
    return 0;
}
```

- Aggiornamento di y e i su una singola istruzione

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Codice errato, con un ciclo infinito

```c
#include <stdio.h>
int main() {
    int n = 6, i = 2;
    int y = 1;
    while (i <= n) {
        y *= i;  // i non viene incrementato
    }
    printf("y = %d\n", y);
    return 0;
}
```

- Potete terminarlo premendo CTRL+C a terminale

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione do...while

Una seconda istruzione di iterazione è data da do...while:

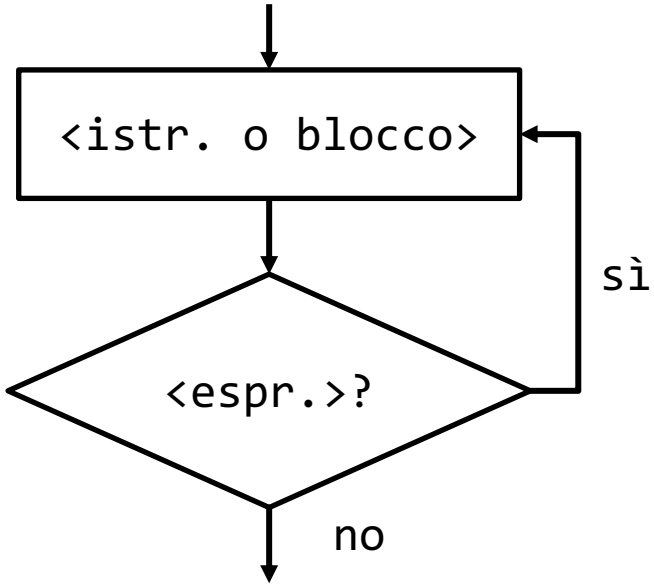
```
<do-while> ::= do <istr. o blocco> while(<espr.>);
```

- Si inizia valutando eseguendo il blocco/istruzione
- La condizione viene valutata dopo ogni iterazione
- Se <espr.> denota "vero", si ripete il processo
- Se <espr.> denota "falso" il ciclo termina

Notate il ";" in fondo (nel while non serve)

Istruzione do...while

Semantica con un diagramma di flusso



- Il numero di iterazione è indefinito (come nel while)
- Se <espr.> è falsa alla prima valutazione: 1 iterazione

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Scrivere un programma che:

- Dato un numero s (intero non negativo)
- Calcoli la funzione zeta di Riemann:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

- ...Con una precisione desiderata di 10^{-6}

Come possiamo fare?

- Consideriamo il valore di z prima e dopo un aggiornamento
- Se la distanza è inferiore a 10^{-6}, ci possiamo fermare

Esempio

Una possibile soluzione

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main() {
   double z = 0, zold;
   int s = 2, n = 1;
   do {
    zold = z;  // salvo il vecchio valore di z
    z += 1.0 / pow(n, s);  // aggiorno z
    n++;  // aggiorno n
   } while (fabs(z - zold) > 1e-6);
   printf("z(%d) = %lf\n", s, z);
}
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for

L'instruzione/ciclo for è una evoluzione del while

Mira ad evitare alcuni errori frequenti:

- Mancata inizializzazione di variabili
- Mancato aggiornamento a fine ciclo

È ideata per cicli con un numero di iterazioni noto a priori

- Si può usare anche quando non è vero...
- ...Ma in quel caso un while potrebbe essere più appropriato

Istruzione for

Vediamo la sintassi di una istruzione/ciclo for:

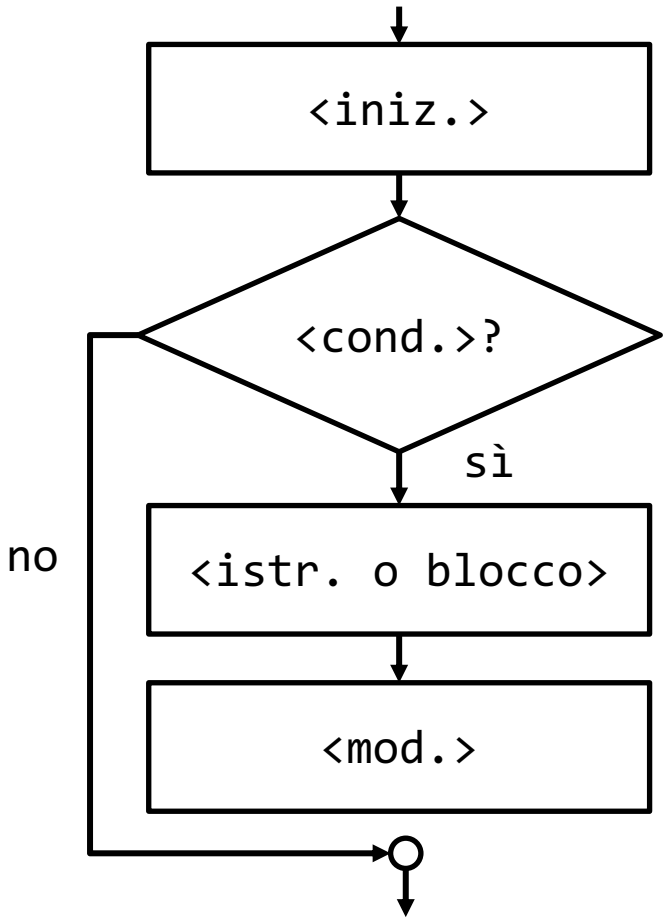
```
<for> ::= for(<iniz.>; <cond.>; <mod.>) <istr. o blocco>
<iniz.> ::= <definizione> | <espressione>
<cond.> ::= <espressione>
<mod.> ::= <espressione>
```

- <iniz.> è una espressione o una definizone di variabile
- <cond.> è una espressione valutata prima di ogni iterazione
- <mod.> è una espressione valutata dopo ogni iterazione

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for

Vediamo la semantica del for, usando un diagramma di flusso:



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Qualche piccolo esempio

Stampare 10 volte "ciao":

```
for (i = 0; i < 10; i++) printf("ciao\n");
```

Calcolare 2^{10}:

```
n = 1;
for (i = 0; i < 10; i++) n *= 2;
```

- Molti dei cicli for che vedere

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for e Definizione di Variabili

L'inizializzazione può contenere una definizione di variabile:

```
for (int i = 0; i < 10; i++) printf("ciao\n");
```

- La variabile i viene definita quando inizia l'esecuzione del for

Le variabili definite in questo modo sono locali al (blocco del) for

```
n = 1;
for (int i = 0; i < 10; i++) n *= 2;
```

- Molti dei cicli for che userete saranno simili a questi

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int n = 6, i = 2;
    int y = 1;
    while (i <= n) {
        y *= i++;
    }
    printf("y = %d\n", y);
    return 0;
}
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```
#include <stdio.h>
int main() {
   int n = 6, i = 2;
   int y = 1;
   for (;i <= n;) {     // Usiamo for invece di while
      y *= i++;
   }
   printf("y = %d\n", y);
   return 0;
}
```

- L'inizializzazione e modifica possono essere assenti!

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```
#include <stdio.h>
int main() {
   int n = 6, i;
   int y = 1;
   for (i = 2; i <= n;) { // Inizializziamo i nel for
       y *= i++;
   }
   printf("y = %d\n", y);
   return 0;
}
```

- L'inizializzazione nel for diventa più esplicita

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```c
#include <stdio.h>
int main() {
    int n = 6, i;
    int y = 1;
    for (i = 2; i <= n; i++) { // Qui l'incremento
        y *= i;
    }
    printf("y = %d\n", y);
    return 0;
}
```

- Spostare l'incremento nel for risulta più chiaro

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```
#include <stdio.h>
int main() {
   int n = 6; // la definizione di i non è più qui
   int y = 1;
   for (int i = 2; i <= n; i++) {
       y *= i;
   }
   printf("y = %d\n", y);
   return 0;
}
```

- Possiamo addirittura definire il "contatore" nel for

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: esempi

Convertiamo il programma per il fattoriale da while a for:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int n = 6;
    int y = 1;
    for (int i = 2; i <= n; i++) {
        y *= i;
    }
    printf("y = %d\n", y); // i non è accessibile qui
    return 0;
}
```

- Le variabili definite nel for sono locali al suo blocco

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Istruzione for: Casi Estremi

Al limite, anche la condizione in un for può essere assente

In questo caso la si intende sempre vera:

```
for(;;) printf("ciao\n"); // Un ciclo infinito
```

- Non è molto utile in pratica

Un for può avere come come corpo l'istruzione vuota

```
for(int n = 6, f = 1; n > 0; f *= n--);
```

- Calcolo del fattoriale in una riga

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio

Calcolo della zeta di Riemann con ciclo for

- Dato un numero s (intero non negativo)
- Calcoli la funzione zeta di Riemann:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

- ...Con una precisione desiderata di 10^{-6}
- ...Si interrompa in ogni caso il calcolo dopo 1000 iterazioni

Come possiamo fare?

Esempio

Una possibile soluzione

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main() {
   double z = 0, zold;
   int s = 2;
   for(int n = 1; n <= 1000; n++) {
      zold = z;
      z += 1.0 / pow(n, s);
      if (fabs(z-zold) <= 1e-6) break;
   }
   printf("z(%d) = %lf\n", s, z);
}
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio: Riconoscimento di Triangoli

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).

Per avere un triangolo deve valere: c < (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

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio: Riconoscimento di Triangoli

Specifica:

```
se a+b>c
   triangolo = vero
   se a=b=c
      equil=isoscele=vero  e  scaleno=falso
   altrimenti
      se a=b o b=c o a=c
         isoscele=vero  e  equil=scaleno=falso
      altrimenti
         scaleno=vero  e  equil=isoscele=falso
altrimenti
   triangolo = falso
```

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esempio: Riconoscimento di Triangoli

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

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fondamenti di Informatica T

Andrea Acquaviva < andrea.acquaviva@unibo.it>
Michele Lombardi <michele.lombardi2@unibo.it
Andrea Borghesi <andrea.borghesi3@unibo.it>
Giuseppe Tagliavini <giuseppe.tagliavini@unibo.it>
Allegra De Filippo < allegra.defilippo@unibo.it>