Corso “Programmazione 1”
Capitolo 03: Istruzioni

Docente:	Roberto Sebastiani - roberto.sebastiani@unitn.it
Esercitatori:	Mario Passamani - mario.passamani@unitn.it
	Alessandro Tomasi - alessandro.tomasi@unitn.it

C.D.L.:	Informatica (INF)
	Ing. Informatica, delle Comunicazioni ed Elettronica (ICE)
	Studenti con numero di matricola pari
A.A.:	2019-2020
Luogo:	DISI, Università di Trento
URL:	disi.unitn.it/rseba/DIDATTICA/prog1_2020/

Ultimo aggiornamento: 30 ottobre 2019, ore 11:29

Struttura di un programma

- Un programma consiste in un insieme di funzioni, eventualmente suddivise in più file
  - La funzione che costituisce il programma principale si deve necessariamente chiamare `main`
- Ogni programma contiene una lista di istruzioni di ogni tipo: istruzioni semplici o istruzioni strutturate

Esempio:

```
(...)
int main() {
  int x=2, y=6, z;
  z=x*y;
return 0;
}
```

Istruzioni semplici

- Le istruzioni semplici sono la base delle istruzioni più complesse (istruzioni strutturate)
- Sono sempre terminate da un punto-e-virgola “`;`”
- Si distinguono in:
  - definizioni/dichiarazioni (declaration-statement) di
    - variabili, es. `int x,y,z;`
    - costanti, es. `const int kilo=1024;`
  - espressioni (expression-statement)
    - di input, es: `cin >> x`
    - di output, es: `cout << 3*x`
    - di assegnamento, es. `x=2*(3-y)`
    - matematiche, es. `(x-3)*sin(x)`
    - logiche, es. `x==y && x!=z`
    - costanti, es. `3*12.7`
    - condizionali (a seguire)

    ogni espressione seguita da un “`;`” è anche un’istruzione

L’espressione condizionale

- Sintassi: `exp1 ? exp2 : exp3` :
  Se exp1 è vera equivale a exp2, altrimenti equivale a exp3

Esempio

```
prezzo = valore * peso * (peso>10) ? 0.9 : 1;
```

- se il peso è maggiore di 10, equivale a:
  ```
  prezzo = valore * peso * 0.9;
  ```
- altrimenti, equivale a
  ```
  prezzo = valore * peso * 1;
  ```

Esempio di uso di espressione condizionale:
{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH/espressione_condizionale.cc` }

Istruzioni strutturate

- Le istruzioni strutturate consentono di specificare azioni complesse
- Si distinguono in
  - istruzione composta (compound-statement)
  - istruzioni condizionali (conditional-statement)
  - istruzioni iterative (iteration-statement)
  - istruzioni di salto (jump-statement)

Istruzione Composta

- Trasforma una sequenza di istruzioni in una singola istruzione
  - sequenza delimitata per mezzo della coppia di delimitatori '{' e '}'
  - la sequenza così delimitata è detta blocco
- Le definizioni possono comparire in qualunque punto del blocco
  - sono visibili solo all'interno del blocco
  - possono accedere ad oggetti definiti esternamente
  - in caso di identificatori identici, prevale quello più interno

```
{
  int a=4;
  a*=6;
  char b='c';
  b+=3;
}
```

Esempio di blocchi e visibilità:
{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH/visibilita.cc` }

L'Istruzione Condizionale `if-then`

- Istruzione "if" semplice (if-then):
  - Sintassi:

```
if (exp)
    istruzione1
```

  - Significato: se `exp` è vera, viene eseguita `istruzione1`, altrimenti non viene eseguito nulla
  - `istruzione1` può a sua volta essere un'istruzione complessa

Esempio

```
if (x!=0)
   y=1/x;
```

Esempio di if-then:
{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH/divisibilita.cc` }

L'Istruzione Condizionale `if-then-else`

- Istruzione "if" composta (if-then-else):
  - Sintassi: `if (exp) istruzione1 else istruzione2`
  - Significato: se `exp` è vera, viene eseguita `istruzione1`, altrimenti viene eseguita `istruzione2`
- `istruzione1` e `istruzione2` possono essere a loro volta istruzioni complesse (un blocco, un'altro if-then-else, ...)

Esempio

```
if (x<0)
   y=-x;
else
   y=x;
```

Esempio di if-then-else:

{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH//divisibilita2.cc` }

If annidati

- Nei costrutti if-then e if-then-else, `istruzione1` e `istruzione2` possono essere a loro volta istruzioni complesse
  (un blocco, un'altro if-then-else, ...)
- L'annidamento di if-then-else e l'uso di operatori logici permettono di costruire strutture decisionali complesse
  - Uso di if-then-else annidati,...:
    { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/eq_1grado.cc` }
  - ..., con diverso ordine,...:
    { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/eq_1grado2.cc` }
  - ... e con operatori logici:
    { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/eq_1grado3.cc` }

L'indentazione del codice è importantissima!!!

- individua a colpo d'occhio l'inizio e la fine del codice
- contribuisce grandemente alla leggibilità del codice

If-then-else annidati: esempi

- Esempi di alternative all'utente:
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/conversione2.cc` }
- Esempio di "Dangling else":
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/dangling_else.cc` }
- Esempio di "Dangling else" (2):
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/dangling_else2.cc` }
- Errore tipico con "if":
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/ifeq_err.cc` }
- Versione corretta:
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/ifeq_corr.cc` }
- Minimo tra due numeri:
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/minimo.cc` }
- Minimo tra tre numeri:
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/minimo2.cc` }
- Scelte tra valori multipli:
  { `IF_THEN_ELSE_SWITCH/simple_calc.cc` }

L'Istruzione Condizionale `switch`

- Sintassi

```
switch (exp) {
  case const-exp1: istruzione1 break;
  case const-exp2: istruzione2 break;
  ...
  default:  istruzione-default
}
```

- L'esecuzione dell'istruzione switch consiste
  - nel calcolo dell'espressione `exp`
  - nell'esecuzione dell'istruzione corrispondente all'alternativa specificata dal valore calcolato
  - se nessuna alternativa corrisponde, se esiste, viene eseguita `istruzione-default`

Scelte tra valori multipli con switch:
{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH/simple_calc2.cc` }

Scelte multiple con switch

- Se dopo l'ultima istruzione di un'alternativa non c'è un `break`, viene eseguita anche l'alternativa successiva
- Questo comportamento è sconsigliato ma può essere giustificato in alcuni casi

Esempio

```
switch (giorno)
{ case lun: case mar:
  case mer: case gio:
  case ven: orelavorate+=8; break;
  case sab: case dom: break;
}
```

Esercizi Proposti

Esercizio su istruzioni condizionali:

{ `IF_THEN_ELSE_SWITCH/ESERCIZI_PROPOSTI.txt` }

L'Istruzione Iterativa `while` (while-do)

- Sintassi: `while (exp) istruzione`
  - `exp` è un'espressione Booleana
  - `istruzione` può essere un'istruzione complessa
- L'esecuzione dell'istruzione while comporta
  1. il calcolo dell'espressione `exp`
  2. se `exp` è vera, l'esecuzione di `istruzione` e la ripetizione dell'esecuzione dell'istruzione while
- `istruzione` potrebbe non essere mai eseguita
- È possibile generare loop infiniti.

Nota

`exp` tipicamente contiene almeno una variabile (variabile di controllo del ciclo), che viene modificata in `istruzione` per far convergere `exp` verso uno stato in cui diventi falsa.

L'Istruzione Iterativa `while`: Esempi I

- ripetizione pedissequa di un'operazione (contatore crescente):
  { `LOOPS/stampaciao.cc` }
- ... (contatore decrescente):
  { `LOOPS/stampaciao2.cc` }
- ..., con loop infinito:
  { `LOOPS/stampaciao_infloop.cc` }
- somma con accumulatore:
  { `LOOPS/sommainteri_while.cc` }
- prodotto con accumulatore:
  { `LOOPS/fact_while.cc` }
- condizione di uscita diversa da conteggio:
  { `LOOPS/divisibile.cc` }

L'Istruzione Iterativa `while`: Esempi II

- ripetizione di comando a menu:
  { `LOOPS/conversione3_while.cc` }
- somma con accumulatore, con conteggio:
  { `LOOPS/serie_while.cc` }
- somma con accumulatore, con cond. uscita :
  { `LOOPS/serie_while1.cc` }
- uso di “cin loops”:
  { `LOOPS/cin_loop.cc` }
- stessa cosa, ma con fail:
  { `LOOPS/cin_loop_equivalent.cc` }

L'Istruzione Iterativa `do` (do-while)

- Sintassi: `do { istruzione } while (exp);`
  - `exp` è un'espressione Booleana
  - `istruzione` può essere un'istruzione complessa
- L'esecuzione dell'istruzione `do` comporta
  1. l'esecuzione di `istruzione`
  2. il calcolo dell'espressione `exp`
  3. se `exp` è vera, la ripetizione dell'esecuzione dell'istruzione `do`
- `istruzione` viene sempre eseguita almeno una volta
- è la meno usata tra le istruzioni iterative.

L'Istruzione Iterativa `do`: Esempi

- somma con accumulatore (do):
  { `LOOPS/sommainteri_do.cc` }
- ripetizione di comando a menu (do):
  { `LOOPS/conversione3_do.cc` }
- conversione di base:
  { `LOOPS/base.cc` }

While-Do vs. Do-While

©Warner Bros Inc.

L'Istruzione Iterativa `for`

- Sintassi: `for ( init; exp; agg) istruzione`
  - `init` è un'istruzione di inizializzazione delle variabili di controllo
  - `exp` è un'espressione Booleana
  - `istruzione` può essere un'istruzione complessa
  - `agg` è un'istruzione di aggiornamento delle variabili di controllo
- L'esecuzione dell'istruzione `for` comporta:
  1. l'esecuzione di `init`
  2. il calcolo dell'espressione `exp`
  3. se `exp` è vera, viene eseguita `istruzione`, poi `agg`, e si ricomincia dal passo 2.
- è la più usata tra le istruzioni iterative.
- si possono definire variabili di controllo interne al ciclo:

```
for (int i=0;i<MAXDIM;i++) {<i occorre solo qui>}
```

Consente di separare le istruzioni di controllo del ciclo e concentrarle tutte in un'unica riga
$\Longrightarrow$ miglior praticità e leggibilità del codice.

Cicli for e while

```
for ( init; exp; agg )
   istruzione
```

equivale a:

```
{ init;
  while ( exp ) {
    istruzione
    agg;
}; }
```

Esempio

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

$\Longleftrightarrow$

```
{ int i=1;
while (i<10) {
   x*=2;
   i++;
}; }
```

L'Istruzione Iterativa `for`: Esempi I

- prodotto con accumulatore (for):
  { `LOOPS/fact_for.cc` }
- somma con accumulatore (numero iterazioni) (for):
  { `LOOPS/serie_for.cc` }
- somma con accumulatore (cond. uscita) (for):
  { `LOOPS/serie_for1.cc` }
- for annidati:
  { `LOOPS/doublefor.cc` }

L'Istruzione Iterativa `for`: Esempi II

- condizione iniziale multipla con for:
  { `LOOPS/serie_for1_2init.cc` }
- cond. iniziale multipla & uscita multipla con for:
  { `LOOPS/serie_for1_2init2.cc` }
- incremento come input dato dall'utente:
  { `LOOPS/minmax.cc` }
- doppio incremento:
  { `LOOPS/doublecontrol.cc` }

Gli Invarianti di un Ciclo (Loop Invariant)

- Tecnica per la verifica di correttezza dei cicli (proprietà P)
- Idea: suddividere la proprietà desiderata P dalla correttezza del ciclo in una sequenza di affermazioni P_0, P_1, ... P_n, in modo che:
  (1) P_0 sia vera immediatamente prima che il ciclo inizi (dopo l'inizializzazione!)
  (2) per ogni indice di ciclo $i \in \{1, ..., n\}$:
  se P_{i-1} è vera prima dell'inizio del ciclo i-esimo (ed e' verificata la condizione di permanenza del ciclo), allora P_i è vera alla fine del ciclo i-esimo
  (e quindi immediatamente prima dell'inizio del ciclo $(i+1)$-esimo)
  (3) Alla fine dell'ultimo ciclo (n-esimo), P_n (e la negazione della condizione di permanenza) implica la proprietà P
- Tipicamente (2) è il passo più critico
- P_i a volte ovvie, a volte molto complesse (or, if-then-else, ...)
  $\Longrightarrow$ problema indecidibile in generale
- Talvolta necessarie variabili ausiliarie addizionali
- Talvolta si adottano convenzioni per gestire il caso $i = 0$:
  (la somma di 0 elementi e' 0, il prodotto di 0 elementi e' 1, ...)

Esempio: fattoriale

```
i = 1;
fact = 1;
while (i<=n) {
  fact *= i;
  i++;
}
```

- Proprietà P: dopo il ciclo, `fact` vale il prodotto dei primi `n` numeri
- Invariante P_i: `fact` vale il prodotto dei primi `i` numeri
  - ✓(1) prima del ciclo, `fact` vale il prodotto dei primi `0` numeri (cioè 1)
  - ✓(2) prima dell'i-esimo ciclo `fact` vale il prodotto dei primi `i-1` numeri
    $\Longrightarrow$ dopo l'i-esimo ciclo `fact` vale il prodotto dei primi `i` numeri
  - ✓(3) Alla fine dell'ultimo ciclo (n-esimo), P_n (più la negazione della condizione di permanenza del ciclo) implica la proprietà P

Nota

"dopo l'i-esimo ciclo" i è incrementato di 1. (Ex: dopo il 3^o ciclo, $i = 4$).

Esempio: divisibilità per 2

```
ndiv2=0; tmp=num;  // "tmp" ausiliaria
while ( tmp%2 == 0 ) {
  ndiv2++;
  tmp/=2;
}
```

- **Proprietà** P: dopo il ciclo, `tmp%2!=0` e `tmp*(2^ndiv2)==num`
- **Invariante** P_i: `tmp*(2^ndiv2)==num`

✓(1) prima del ciclo, `tmp*(2^0)==num`

✓(2) prima dell'i-esimo ciclo `tmp` è divisibile per due e `tmp*(2^ndiv2)==num`
$\Longrightarrow$ dopo l'i-esimo ciclo `tmp*(2^ndiv2)==num`
(infatti `tmp/2*(2^(ndiv2+1))==num`)

✓(3) Alla fine dell'ultimo ciclo (n-esimo), P_n (più la negazione della condizione del ciclo) implica la proprietà P :
`tmp*(2^ndiv2)==num` e `tmp%2!=0`

Esercizi Proposti

Esercizi sui cicli:

{ `LOOPS/00ESERCIZI_PROPOSTI.txt` }

Istruzione di Salto

Istruzioni di salto (`break`, `continue`, `goto`):
come <u>**non**</u> si deve programmare in C/C++ !!!

L'Istruzione di Salto `break`

L'istruzione `break` termina direttamente tutto il ciclo

- Da evitare! $\Longrightarrow$ si può sempre fare modificando la condizione

```
while (...) {
  ...
  break;       // --+
  ...          //   |
}                   |
      // <----------+
```

- semplice break (while):
  { `LOOPS/break_while.cc` }
- come evitare un break (while):
  { `LOOPS/nobreak_while.cc` }

L'Istruzione `return` in un loop (salto implicito)

L'istruzione `return` termina direttamente il ciclo (e l'intera funzione)

- Da evitare! $\Longrightarrow$ si può sempre fare modificando la condizione

```
int main () {
...
  while (...) {
    ...
    return 0;    // --+
    ...          //   |
  }                   |
}        // <---------+
```

- semplice return (while):
  { `LOOPS/return_while.cc` }
- come evitare un return (while):
  { `LOOPS/noreturn_while.cc` }

L’Istruzione di Salto `continue`

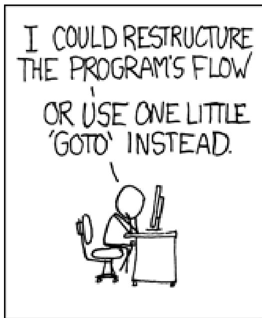
L’istruzione `continue` termina il ciclo attualmente in esecuzione e passa al successivo

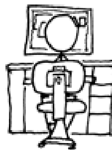
- nel caso di ciclo `for` viene saltata l’istruzione di aggiornamento
- Da evitare! $\Longrightarrow$ si può sempre fare lo stesso con un “if”

```
while (...) {
  ...
  continue;    // --+
  ...          //   |
      // <---------+
}
```

- semplice continue (while):
  { `LOOPS/continue.cc` }
- come evitare continue (while):
  { `LOOPS/nocontinue.cc` }

L'Istruzione di Salto `goto` II





© xkcd www.xkcd.com

Nota di servizio:

Nella soluzione di un testo di esame, NON è ammesso l'uso di `break`, `continue`, o `goto` (con l'importante eccezione dell'uso di `break` all'interno del costrutto `switch`), o di `return` all'interno di loop, pena l'annullamento dell'esercizio stesso.