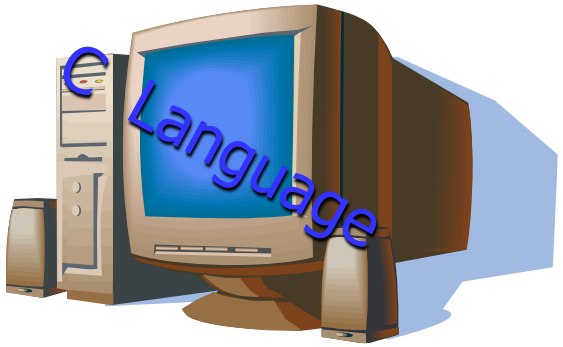
Il linguaggio C

- Il controllo di flusso
  - La selezione condizionale
  - L'istruzione switch
  - I cicli
  - Le istruzioni break, continue, goto



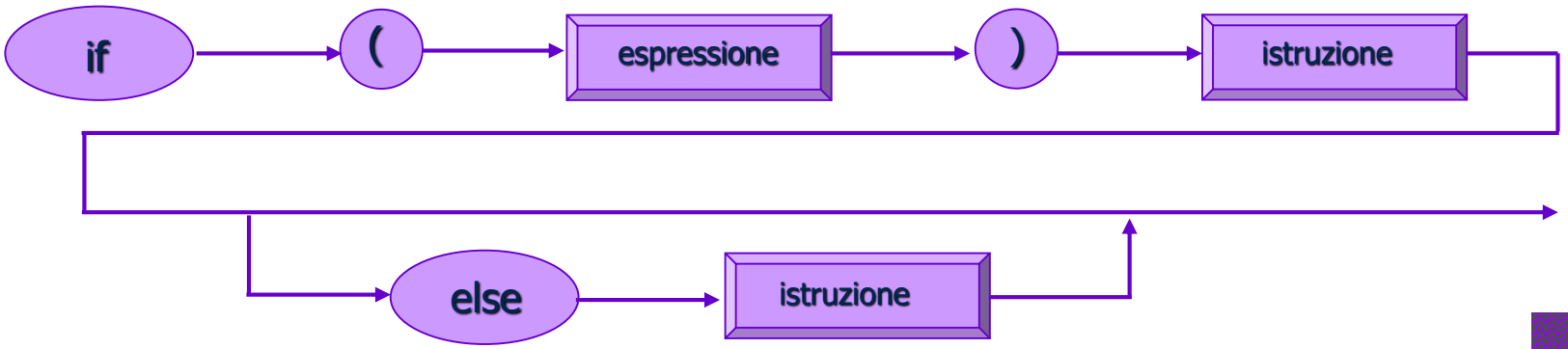
Il controllo di flusso

Il controllo di flusso

- Le istruzioni di controllo di flusso si dividono in…
  - Selezioni condizionali
  - Cicli
- Le **selezioni condizionali** permettono di decidere l'attivazione di parti (diverse) di codice, in base al valore di un'espressione
- I **cicli**, o **iterazioni**, consentono di svolgere più volte un insieme di operazioni fino al raggiungimento di una condizione particolare

La selezione condizionale – 1

- La **selezione condizionale** è la principale modalità di controllo dei linguaggi di programmazione:
  - Permette di prendere decisioni a run–time, attivando o meno una sequenza di istruzioni in dipendenza del valore di un'espressione
  - Dato che il valore di un'espressione può cambiare da esecuzione ad esecuzione, i programmi sono dinamici: si comportano diversamente in funzione dei dati in ingresso
- In C, l'istruzione condizionale viene realizzata tramite le parole chiave **if…else**, secondo la sintassi:



La selezione condizionale – 2

```
if (x)
   istruzione1;   /* Eseguita solo se x è diversa da zero */
istruzione2;      /* Eseguita sempre */
```

```
if (x)
   istruzione1;  /* Eseguita solo se x è diversa da zero */
else
   istruzione2;  /* Eseguita solo se x è uguale a zero */
istruzione3;     /* Eseguita sempre */
```

La selezione condizionale – 3

- L'istruzione **if** viene comunemente utilizzata per controllare la validità dei dati
- **Problema**: Progettare un programma che stampi la radice quadrata di un numero (in input)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
main()
{
    double num;
    printf("Introdurre un numero non negativo: ");
    scanf("%lf", &num);   /* Lo specificatore %lf indica un tipo double */
    if (num<0)
        printf("Errore nel dato di ingresso: il numero è negativo.\n");
    else
        printf("La radice quadrata è: %f \n", sqrt(num));
    exit(0);
}
```

L'indentazione dopo le parole chiave **if** ed **else** ha il solo obiettivo di aumentare la leggibilità e non è funzionalmente significativa

Il confronto fra espressioni – 1

- L'espressione condizionale che compare in un'istruzione **if** è (di solito) costituita da un confronto tra due valori
- Attenzione… alla differenza fra l'operatore di assegnamento "=" e l'operatore relazionale di uguaglianza "=="

```
if (j=5)
    do_something();
```

Gli operatori relazionali

<	minore
>	maggiore
<=	minore o uguale
>=	maggiore o uguale
==	uguale
!=	diverso

è sintatticamente corretta dato che tutte le espressioni hanno associato un valore; l'espressione "j=5" ha valore 5 ≠ 0 (vero) e do_something() viene eseguita sempre!

Il confronto fra espressioni – 2

- Il linguaggio C non rappresenta esplicitamente i tipi booleani, ma li realizza attraverso gli interi: zero equivale a **FALSE**; qualsiasi valore diverso da zero viene valutato **TRUE**

```
if (j)
    istruzione;
```

  Se j è diverso da zero, l'istruzione viene eseguita

- Esempio

Espressione	Valore
–1<0	1
0>1	0
0==0	1
1!=–1	1
1>=–1	1
1>10	0

Il confronto fra espressioni – 3

- **Esempio**: Scrivere un programma che legge un carattere, stampandolo se è una lettera dell'alfabeto, ignorandolo in caso contrario

- **Note**:
  - Esiste la funzione di libreria ***isalpha()*** che restituisce un valore diverso da 0 se l'argomento è una lettera dell'alfabeto
  - L'uso di una chiamata di funzione come espressione condizionale è comune in C

Il confronto fra espressioni – 4

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>   /* incluso per la funzione isalpha */

main()
{
      char ch;

      printf("Introdurre un carattere: ");
      scanf("%c", &ch);
      if (isalpha(ch))
            printf("%c", ch);
      else
            printf("%c non è un carattere alfabetico\n", ch);
      exit(0);
}
```

I blocchi di istruzioni – 1

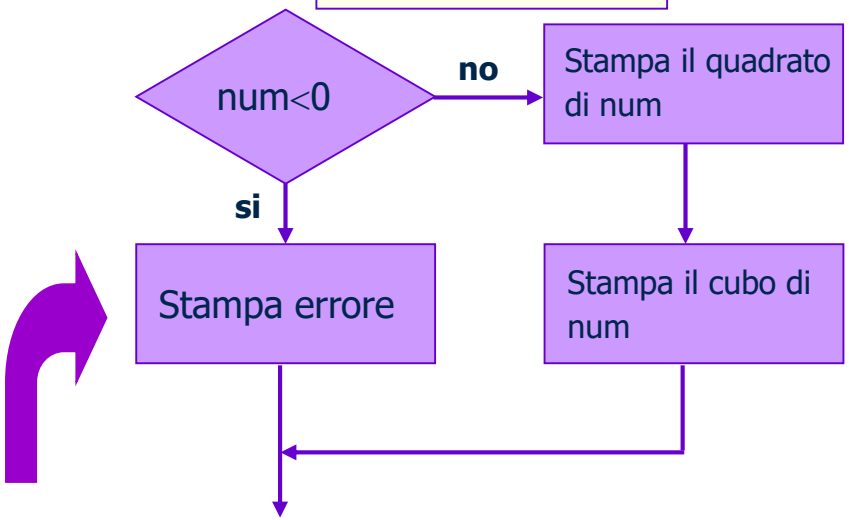
- Qualsiasi istruzione può essere sostituita da un ***blocco di istruzioni***
- Un blocco di istruzioni deve essere contenuto all'interno di parentesi graffe: il corpo di una funzione è un caso particolare di blocco di istruzioni

  ⇒ Per eseguire in modo condizionale più di una singola istruzione è (necessario e) sufficiente racchiudere l'insieme di istruzioni in un blocco

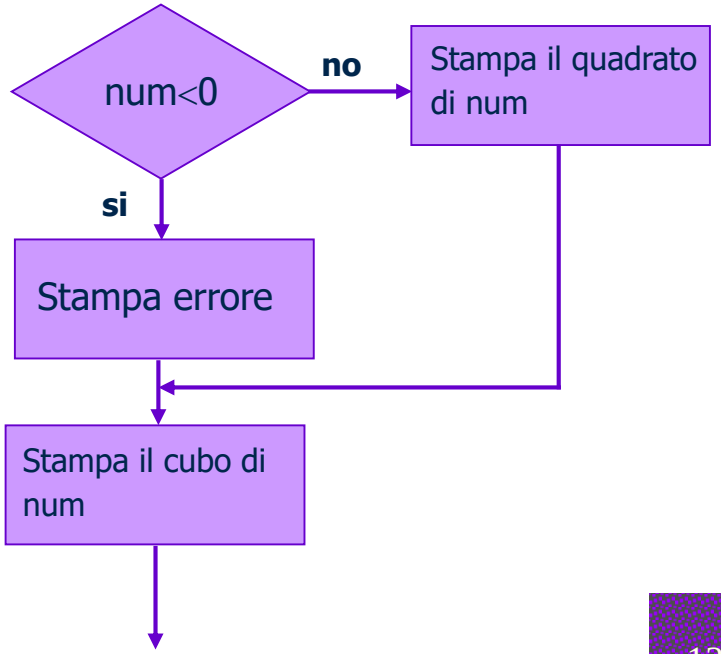
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

main()
{
     double num;

     printf("Introdurre un numero non negativo: ");
     scanf("%lf", &num);
     if (num<0)
          printf("Il numero immesso è negativo.\n");
     else
     {
          printf("Il quadrato di %lf è: %lf \n", num, num*num);
          printf("Il cubo di %lf è: %lf \n", num, num*num*num);
     }
     exit(0);
}
```

I blocchi di istruzioni – 2

```
if (num<0)
    print errore
else
{
    print quadrato
    print cubo
}
```




```
if (num<0)
    print errore
else
    print quadrato
    print cubo
```



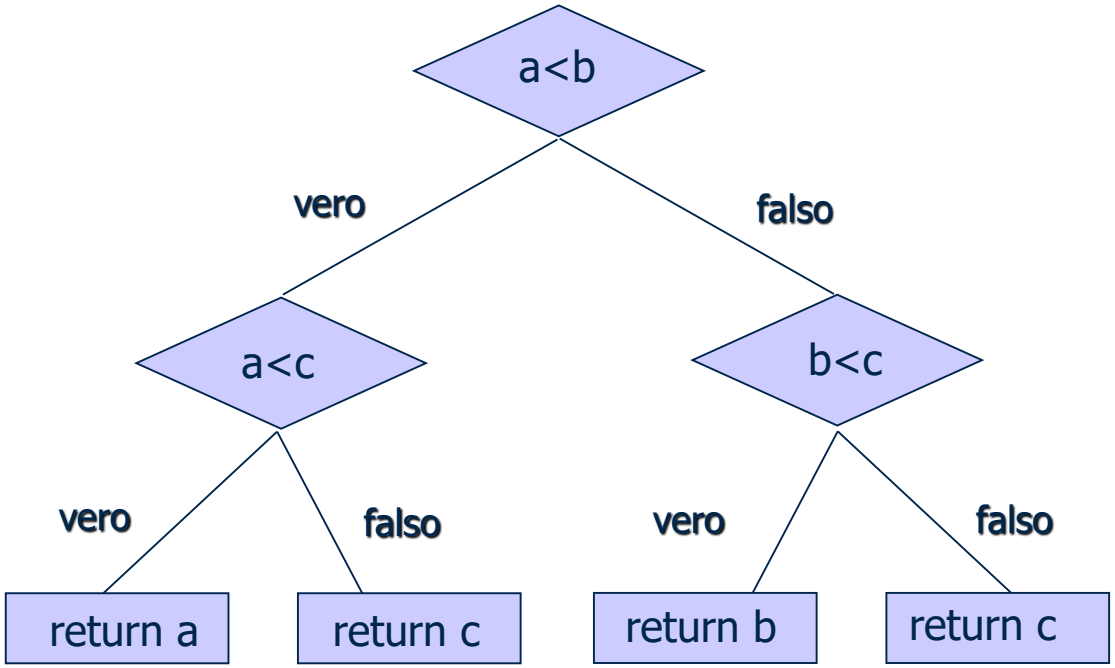
Le parentesi graffe garantiscono la correttezza del flusso di controllo

Istruzioni if innestate – 1

- Una singola istruzione **if** permette al programma di scegliere fra due alternative
- Talvolta è necessario specificare alternative successive: dopo aver preso la decisione_1, è necessario valutare la decisione_2, la decisione_3, etc.
- Questa tipologia di controllo del flusso richiede un costrutto **if innestato** (o **annidato**)
- **Esempio**: Realizzare una funzione che, dati tre interi, ne determina il minimo

Istruzioni if innestate – 2

```
int min(a, b, c)
int a, b, c;
{
      if  (a<b)
         if  (a<c)
             return a;
         else
             return c;
      else if  (b<c)
             return b;
         else
             return c;
}
```



Istruzioni if innestate – 3

- Nelle istruzioni **if** annidate sorge il problema di far corrispondere ad ogni clausola **else** l'opportuna istruzione **if**
- Regola: *Una clausola **else** viene sempre associata all'istruzione **if** più vicina fra quelle precedenti*

  $\Rightarrow$ ad ogni istruzione **if** può corrispondere una sola clausola **else**
- Per facilitare la programmazione, è opportuno indentare correttamente i vari **if**:
  - Una clausola **else** dovrebbe sempre essere posta allo stesso livello di indentazione dell'**if** associato
- Esempio: soluzioni reali equazioni di 2° grado

L'istruzione switch – 1

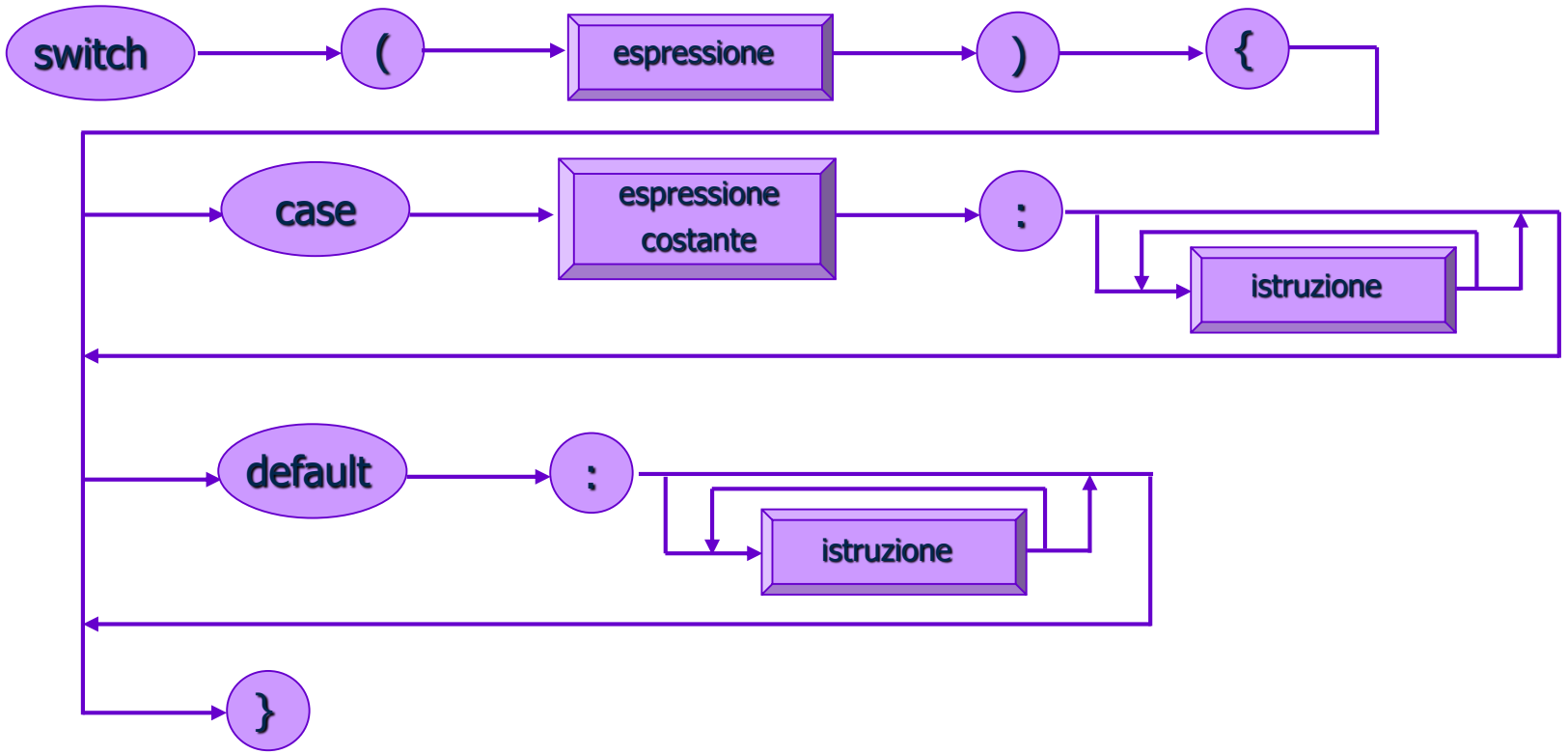
- In presenza di cammini multipli all'interno di un programma, le diramazioni **if…else** possono complicare la comprensione del codice
- L'istruzione **switch** consente di specificare un numero illimitato di cammini di esecuzione in dipendenza dal valore di un'espressione

```
int switch_example0(input_arg)
char input_arg;
{
      if  (input_arg == 'A')
          return 1;
      if  (input_arg == 'B')
          return 2;
      if  (input_arg == 'C')
          return 3;
      if  (input_arg == 'D')
          return 4;
      else
          return –1;
}
```

```
int switch_example(input_arg)
char input_arg;
{
      switch(input_arg)
      {
         case 'A': return 1;
         case 'B': return 2;
         case 'C': return 3;
         case 'D': return 4;
         default : return –1;
      }
}
```

L'istruzione switch – 2

- La sintassi dell'istruzione **switch** è:



L'istruzione switch – 3

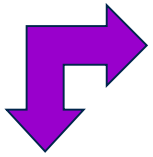
- La semantica dell'istruzione **switch** impone che…
  - …venga valutata l'espressione intera: se corrisponde ad uno dei valori **case**, il flusso di esecuzione viene trasferito alla prima istruzione successiva al **case** nel programma
  - …se non c'è corrispondenza tra l'espressione **switch** ed alcun valore **case**, allora il flusso di esecuzione viene trasferito all'istruzione del ramo default (non obbligatorio)
- Non possono esistere **case** con valori uguali
- Nell'istruzione **switch**, il flusso di esecuzione, a partire dal **case** selezionato, prosegue fino alla successiva istruzione di controllo del flusso o alla fine dell'istruzione **switch**
- L'istruzione **break** forza l'uscita dal costrutto **switch**, trasferendo il controllo alla prima istruzione che segue il costrutto

L'istruzione switch – 4

- Talvolta è utile associare un medesimo gruppo di istruzioni a più di un ramo **case** ⇨ è sufficiente scrivere più valori di scelta in modo consecutivo

```
int is_punc(arg)
char arg;
/* Restituisce 1 se l'argomento è un carattere di
 * interpunzione, 0 altrimenti
 */
{
      switch(arg)
     {
        case '.':
        case ',':
        case ':':
        case ';':
        case '?':
        case '!': return 1;
        default: return 0;
     }
}
```

L'istruzione switch – 5



Potrebbe essere inserita in un file header, **err.h**, per poter essere inclusa da più file sorgente

```
#include <stdio.h>
typedef enum {ERR_INPUT_VAL, ERR_OPERAND, ERR_OPERATOR, ERR_TYPE} ERROR_SET;
void print_error(error_code)
ERROR_SET error_code;

/* Stampa un messaggio di errore sulla base di un codice di errore */
{
    switch (error_code)
    {
       case ERR_INPUT_VAL:
                printf("Errore: input scorretto.\n");
                break;
       case ERR_OPERAND:
                printf("Errore: operando scorretto.\n");
                break;
       case ERR_OPERATOR:
                printf("Errore: operatore scorretto.\n");
                break;
       case ERR_TYPE:
                printf("Errore: dati non compatibili.\n");
                break;
       default:  printf("Errore: codice non previsto %d \n", error_code);
                break;
    }
}
```

L'istruzione switch – 6

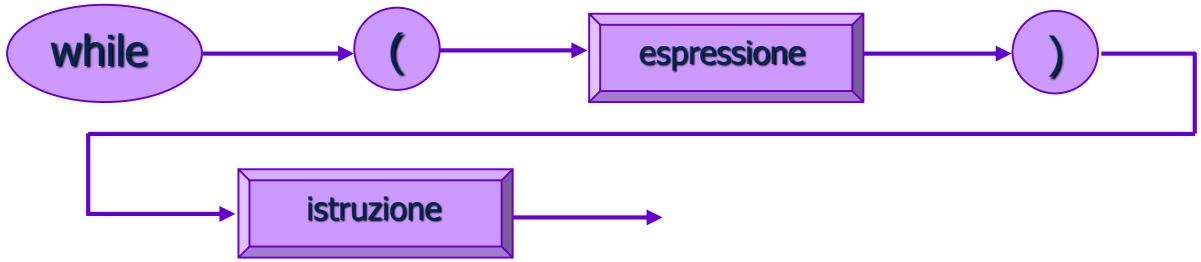
```
#include <stdlib.h>
#include "err.h"  /* contiene la dichiarazione typedef di ERROR_SET */

/* Calcola il valore di un'espressione di cui siano forniti i due operandi e l'operatore */

double evaluate(op1, operator, op2)
double op1, op2;
char operator;
{
        extern void print_error();

        switch(operator)
        {
            case '+': return op1 + op2;
            case '-': return op1 - op2;
            case '*': return op1 * op2;
            case '/' : return op1 / op2;
            default:   /* operatore scorretto */
                       print_error(ERR_OPERATOR);
                       exit(1);
        }
}
```

I cicli

- I **cicli**, o **iterazioni**, permettono l'esecuzione reiterata di un insieme di operazioni, fino al soddisfacimento di una condizione specificata
- Il linguaggio C offre tre istruzioni per la gestione dei cicli:
  - L'istruzione **while**
  - L'istruzione **do…while**
  - L'istruzione **for**

L'istruzione while – 1

- La sintassi dell'istruzione **while** è:

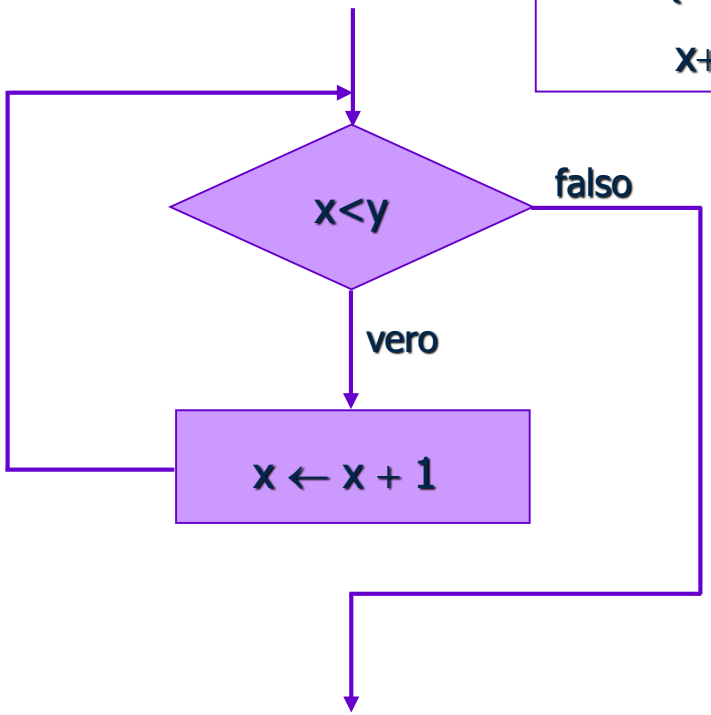


- Dal punto di vista semantico…
  - …si valuta **espressione**: se è diversa da zero (cioè vera) viene eseguita **istruzione** (che può essere composta e costituisce il corpo del ciclo) ed il controllo ritorna all'inizio del ciclo
  - Si ripete l'esecuzione del ciclo fino al momento in cui **espressione** vale zero: il programma prosegue dal punto immediatamente successivo a **istruzione**

L'istruzione while – 2

- Esempio

```
while (x<y)
        x++;
```



- **Nota**:

  L'operazione di incremento è così diffusa che il linguaggio C dispone di un apposito operatore di incremento, ++

  `j = j + 1;` ⟺ `j++;`

L'istruzione while – 3

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

/* Calcola il fattoriale di n */

main()
{
        int n;
        unsigned long fatt;

        printf("Introdurre un intero positivo:\n");
        scanf("%d", &n);
        fatt = 1;
        while (n > 1)
        {
                fatt = fatt * n;
                n--;
        }
        printf("%d! = %ld\n", n, fatt);
        exit(0);
}
```

Calcolo del fattoriale

L'istruzione while – 4

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
/* Conta il numero di spazi contenuti in una stringa
 *  immessa da terminale
 */
main()
{
        int ch, num_of_spaces=0;
        printf("Introdurre una frase:\n");
        ch=getchar();
        while (ch != '\n')
        {
            if  (ch == ' ')
                num_of_spaces ++;
            ch = getchar();
        }
        printf("Il numero di spazi è: %d.\n", num_of_spaces);
        exit(0);
}
```

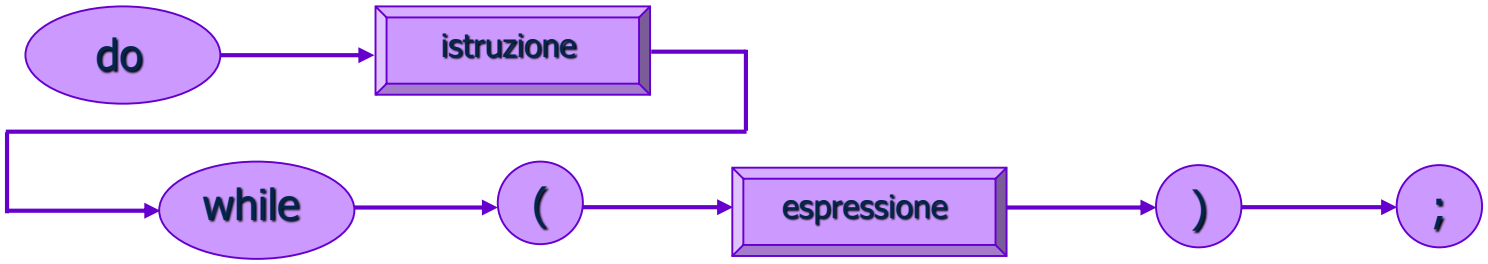
getchar() legge dati il cui tipo non è noto a priori e li fornisce sotto forma di **char**

Quando *getchar()* raggiunge la fine del file, viene restituito un valore speciale, detto **EOF**: un nome costante, definito in **stdio.h**, che solitamente vale –1

In questo caso, il carattere di fine stringa è **\n**

L'istruzione do…while – 1

- Nell'istruzione **while**, la condizione di fine ciclo è posta in testa all'iterazione: se la condizione è inizialmente falsa, il corpo del **while** non viene mai eseguito
- Esistono situazioni in cui è necessario che il corpo del ciclo sia eseguito almeno una volta: si utilizza l'istruzione **do…while**



L'istruzione do…while – 2

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
/*  Conta il numero di spazi contenuti in una stringa
 *  immessa da terminale
 */
main()
{
        int ch, num_of_spaces=0;
        printf("Introdurre una frase:\n");
        do
        {
            ch = getchar();
            if  (ch == ' ')
                num_of_spaces ++;
        } while (ch != '\n');
        printf("Il numero di spazi è: %d.\n", num_of_spaces);
        exit(0);
}
```

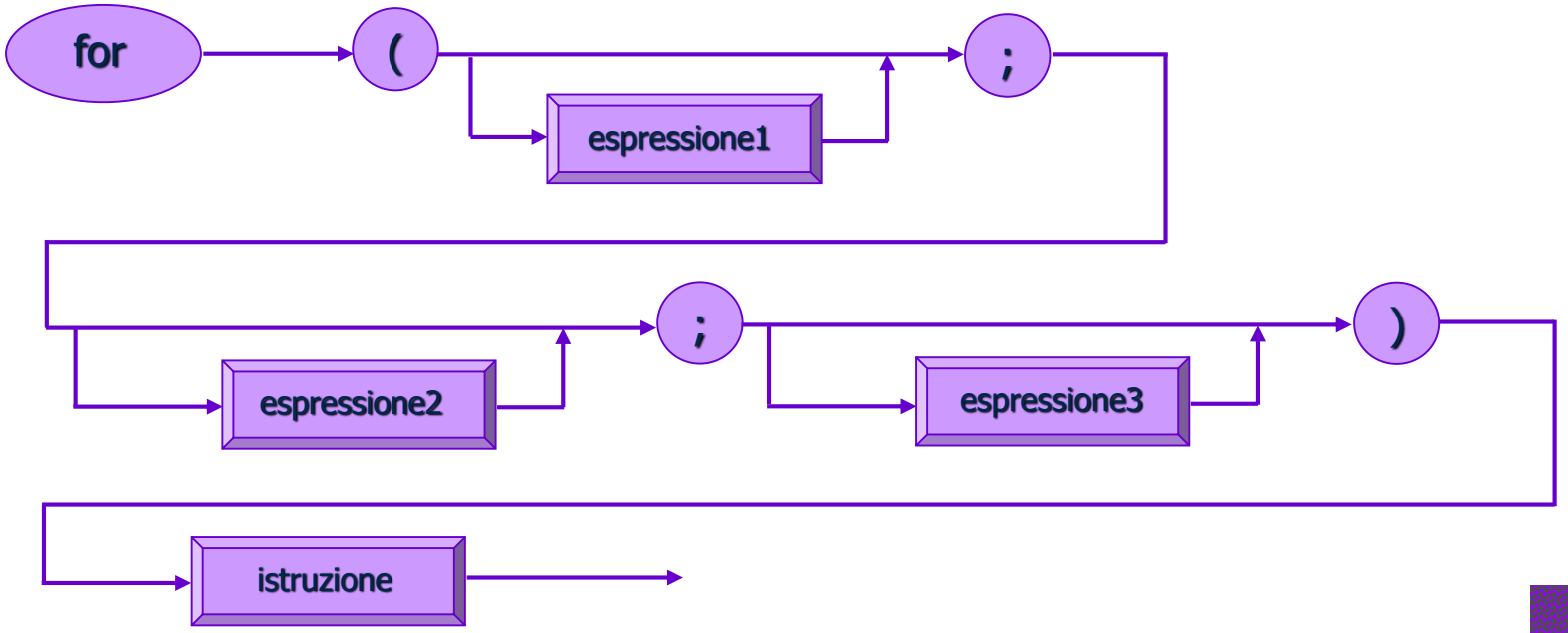
Il corpo del ciclo viene eseguito almeno una volta perché il controllo è in coda

Si noti che non è necessario prevedere l'inizializzazione di ch, poiché **do…while** garantisce l'analisi di almeno il primo carattere

Nota: malgrado il controllo in coda, l'iterazione è "per vero" come nel caso del costrutto **while**

L'istruzione for – 1

- L'istruzione **for** descrive una tipologia di ciclo in cui è necessario inizializzare una/più variabili prima di entrare nel ciclo, e modificare i loro valori ad ogni iterazione
- La sintassi dell'istruzione **for** è:



L'istruzione for – 2

- L'istruzione **for** opera nel modo seguente:
  - Viene valutata **espressione1**: normalmente, è un'istruzione di assegnamento che inizializza una o più variabili
  - Viene valutata **espressione2**, che costituisce l'espressione condizionale dell'istruzione
  - Se **espressione2** è falsa si esce dall'istruzione **for** e il controllo passa all'istruzione immediatamente successiva nel programma; viceversa, se **espressione2** è vera, viene eseguita **istruzione**
  - Dopo che **istruzione** è stata eseguita, viene valutata **espressione3** e il controllo torna alla valutazione di **espressione2**
- Si noti che **espressione1** viene valutata una sola volta, mentre **espressione2** ed **espressione3** vengono valutate ad ogni iterazione del ciclo

L'istruzione for – 3

- Le istruzioni **while** e **for** a confronto:

```
expr1;
while (expr2)
{
        istruzione;
        expr3;
}
```

```
for (expr1; expr2; expr3)
    istruzione;
```

- **Esempio**: Calcolo del fattoriale

```
unsigned long factorial(val)
int val;
{
        int j;
        unsigned long fatt = 1;

        for (j = 2; j <= val; j++)
                fatt *= j;
        return fatt;
}
```

*= operatore di assegnamento aritmetico

fatt *= j; ⟺ fatt = fatt*j;

L'istruzione for – 4

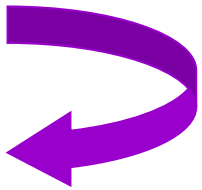
- **Esempio**: Funzione che converte una stringa di cifre introdotte da tastiera in un numero intero

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

int make_int()
{
        int num=0, digit;

        digit = getchar();
        for(; isdigit(digit); digit=getchar())
        {
                num = num * 10;
                num = num + (digit – '0');
        }
        return num;
}
```

Funziona solo se i codici delle cifre da 0 a 9 sono contigui e crescenti: OK per il codice ASCII

In ASCII, il codice di '5' è 53 mentre quello di '0' è 48; se digit vale '5', l'espressione

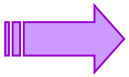
digit – '0' = 53 – 48 = 5



L'istruzione for – 5

- Una modalità alternativa prevede l'utilizzo del costrutto **while**:

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

int make_int1()
{
        int num=0, digit;

        while (isdigit(digit=getchar()))
        {
                num = num * 10;
                num = num + (digit – '0');
        }
        return num;
}
```



È la versione migliore: non richiede la doppia chiamata alla funzione di libreria di run–time ***getchar()***

L'istruzione for – 6

- Omissione delle espressioni
  - **espressione1** e **espressione3** possono essere omesse, ma non in contemporanea: altrimenti si ottiene la stessa funzionalità di un ciclo **while**
  - **espressione2** viene sempre inclusa

```
#include <stdio.h>

void newline_print(newline_num)
int newline_num;
{
/* Stampa newline_num caratteri di ritorno a capo */

        for (; newline_num>0; newline_num– –)
            printf("\n");
}
```

L'istruzione for – 7

- Omissione del corpo del ciclo
  - Si verifica quando l'elaborazione è effettuata direttamente all'interno delle espressioni
  - È buona norma riservare al ";" una linea separata per renderlo più visibile

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

/* Legge i caratteri di spaziatura iniziali e li elimina */
void skip_spaces()
{
        int c;

        for (c=getchar(); isspace(c); c=getchar())
            ;  /* Istruzione vuota */
        ungetc(c, stdin);
}
```

La funzione di libreria ***isspace()*** riconosce spazi, tabulazioni e ritorni a capo

La funzione ***ungetc()*** inserisce un carattere nel buffer di ingresso: **stdin** è un nome di macro definito in **stdio.h** che rappresenta il flusso di ingresso standard (di solito associato al terminale)

Errori comuni

- Uscita dal ciclo con un'iterazione di anticipo o di ritardo
  - Dall'inglese *off–by–one–error*, è un errore molto comune, dovuto alla scelta non corretta dell'operatore relazionale
  - Non viene rilevato dal compilatore, né a run–time, perché il programma è sintatticamente corretto
- Inserimento del ";" dopo un'istruzione di controllo del flusso
  - È sintatticamente corretto e quindi non viene notificato alcun errore di compilazione
  - Induce il compilatore ad eseguire un'istruzione vuota

```
if  (j == 1);
    j=0;
```

A j viene assegnato sempre il valore 0, indipendentemente dal suo valore iniziale

I cicli innestati

- I costrutti iterativi possono essere innestati a qualunque livello di profondità
- Il ciclo di livello n–esimo deve terminare la propria esecuzione prima che il ciclo al livello n–1 possa riprendere l'iterazione

Lo specificatore di formato %5d forza la funzione ***printf()*** a stampare 5 caratteri per ogni intero: se il numero richiede meno di 5 caratteri, viene preceduto da un numero appropriato di spazi bianchi

Esempio

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

/* Stampa una tavola pitagorica mediante cicli innestati */

main()
{
        int j, k;

        printf("   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10\n");
        printf("   ------------------------------------------------\n");

        for (j=1; j<=10; j++)
        {
                printf("%5d|", j);
                for (k=1; k<=10; k++)
                        printf("%5d", j*k);
                printf("\n");
        }
        exit(0);
}
```

Le istruzioni break e continue – 1

- L'uso dell'istruzione **break** all'interno del costrutto **switch** evita che il controllo del programma passi da un **case** al successivo
- L'uso di **break** all'interno di una struttura iterativa provoca l'uscita dal ciclo e l'esecuzione della prima istruzione che segue il corpo del ciclo
- Le istruzioni **break** devono essere evitate, quando possibile: producono salti (incondizionati) e rendono il programma di difficile lettura e comprensione
- È possibile scrivere cicli con modalità alternative, che non prevedono l'uso di **break**; **break** è invece "insostituibile" nel caso di **switch**

```
for (cnt=0; cnt<50; cnt++)
{
        c = getchar();
        if  (c == "\n")
            break;
        else
            /* elaborazione del carattere */
        … … …
}
/* L'istruzione break fa riprendere
 *  l'esecuzione da questo punto
 */
```

Le istruzioni break e continue – 2

- L'istruzione **continue** consente di ritornare anticipatamente il controllo all'inizio di un ciclo
  ⇨ utile quando è necessario evitare di eseguire parte del corpo del ciclo
- L'istruzione **continue** deve essere evitata, quando possibile, perché, come **break**, altera il flusso di controllo naturale (attraverso un salto incondizionato)

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

int make_int2()
{
        int num=0, digit;

        while ((digit=getchar()) != '\n')
        {
                if  (isdigit(digit) == 0)
                    continue;
                num = num * 10;
                num = num + (digit – '0');
        }
        return num;
}
```

L'istruzione goto

- L'istruzione **goto** ha lo scopo di trasferire il controllo del flusso in un punto particolare, identificato da un'**etichetta** o **label**
- La label è un nome seguito da ":" e deve essere contenuta nella stessa funzione che contiene il **goto** che vi fa riferimento
- Il **goto** deve essere usato solo quando il codice risultante guadagna in efficienza senza perdere troppo in leggibilità

```
    … … …
goto label1;
    … … …
label1: /* istruzione dalla quale si riprende
         *  l'esecuzione dopo il goto
         */
```

I cicli infiniti – 1

- Un ciclo infinito non contiene una condizione di terminazione, o tale condizione non viene mai verificata
- Nella maggior parte dei casi, un ciclo infinito è il frutto di un errore di programmazione
- Esempio:

```
for (j=0; j<10; j++)
{
    … … …
    j = 1;
}
```

non termina perché a j viene riassegnato il valore 1 ad ogni iterazione

I cicli infiniti – 2

- Si possono ottenere cicli infiniti con le istruzioni:

```
while(1)
    istruzione;
```

```
for(;;)
    istruzione;
```

Programma calcolatrice

```
#include <stdio.h>
main()
{
        extern double evaluate();
        double op1, op2;
        char operator;
        while (1)
        {
                printf("Introdurre <number> <op> <number> <newline>: ");
                scanf("%lf %c %lf", &op1, &operator, &op2);
                printf("%lf", evaluate(op1,operator,op2));
        }
}
```

L'esecuzione procede fino a quando viene interrotta con la combinazione di tasti CTRL–C

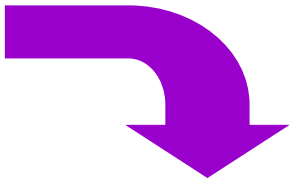
Esempio 1: Numeri pari e dispari

- **Problema**: Scrivere un programma per stabilire se un numero intero è pari o dispari
- **Suggerimento**: l'operatore modulo, x%y, restituisce il resto della divisione intera di x per y

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

main()
{
    int num, resto;

    printf("Immetti un numero intero: ");
    scanf("%d", &num);
    resto = num % 2;
    if  (resto == 0)
        printf("Il numero è pari");
    else
        printf("Il numero è dispari");
    exit(0);
}
```

Esempio 2: Conteggio di caratteri

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

main()
{
    int c;
    long int nc;

    c = getchar();
    nc = 1;
    while (c != EOF)
    {
            c = getchar();
            nc = nc + 1;
    }
    printf("Totale: %ld\n", nc);
    exit(0);
}
```



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

main()
{
    long int nc = 1;

    while (getchar() != EOF)
            nc++;
    printf("Totale: %ld\n", nc);
    exit(0);
}
```

Esempio 3: Conteggio di linee

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

main()
{
    int c;
    long int nr = 0;

    while ((c = getchar()) != EOF)
    {
            if (c == '\n')
            nr++;
    }
    printf("Linee: %ld\n", nr);
    exit(0);
}
```

Esempio 4: Da stringhe a floating

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#define DECIMAL_POINT  '.'

double parse_num()
{
        int c, j, digit_count =0;
        double value=0, fractional_digit;

        while (isdigit(c=getchar()))
        {
                value = value * 10;
                value = value + (c – '0');
        }
/* Quando c non è una cifra si controlla se è un punto decimale */
        if (c == DECIMAL_POINT)  /* se vera, si legge la parte frazionaria */
           while (isdigit(c=getchar()))
          {
                digit_count++;
                fractional_digit = c – '0';
                for (j=0; j<digit_count; j++)
                     fractional_digit /= 10;
                value = value + fractional_digit;
           }
        ungetc(c, stdin);
        return value;
}
```

Esempio 5: Numeri di Fibonacci

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int ultimo, penultimo, i, f;
    penultimo = 0;
    printf("%d\n", penultimo);
    ultimo = 1;
    printf("%d\n", ultimo);
    for (i=2; i<=20; i++)
    {
            f = ultimo + penultimo;
            printf("%d\n" f);
            penultimo = ultimo;
            ultimo = f;
    }
}
```

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int ultimo=1, penultimo=0, i, f;
    printf("0\n1\n");
    for (i=2; i<=20; i++)
    {
            f = ultimo + penultimo;
            penultimo = ultimo;
            printf("%d\n", ultimo = f);
     }
}
```