Testing dei programmi

… e uso dei file

Alcune note sul testing …

- ***Testing***: esercitare il programma con dati di test per verificare che il suo comportamento sia conforme a quello atteso (definito nella specifica)
  - ✓ ***Oracolo***: è l'***output atteso***, quello che ci si aspetta che il programma produca
  - ✓ ***Malfunzionamento***: comportamento del programma diverso da quello atteso

- In generale è impossibile dimostrare la correttezza di un qualunque programma …
  - ***Obiettivo del testing: individuare malfunzionamenti***

… alcune note sul testing

- Testare il programma con tutti i possibili dati di test è impraticabile …
- Obiettivo: individuare classi di dati di test, selezionare un caso di test da ogni classe ed evitare casi di test ridondanti
- In questo corso non vedremo tecniche per scegliere i casi di test in maniera sistematica, ma useremo il buon senso …
- Documentare i casi di test e i risultati del testing …

- ***Test suite***: un insieme di casi di test per un programma

Nel nostro esempio di ordinamento di un array…

- Nel programma per l'ordinamento dell'array, nella scelta dei casi di test dobbiamo tener in conto diversi aspetti
  - Il numero n di elementi dell'array: considerare array con diversi elementi, ma anche il caso particolare dell'array con un solo elemento e anche il caso di n = 0
  - la disposizione degli elementi nell'array a di input: considerare il caso in cui l'array è già ordinato, il caso in cui è ordinato in senso decrescente e il caso in cui non è ordinato

Una test suite per il nostro esempio

- Test case 1 – TC1 (un solo elemento)
  - Array di input: 5
  - Oracolo: 5
- Test case 2 – TC2 (input ordinato in maniera crescente)
  - Array di input: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
  - Oracolo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
- Test case 3 – TC3 (input ordinato in maniera decrescente)
  - Array di input: 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
  - Oracolo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- Test case 4 – TC4 (non ordinato)
  - Array di input: 5 8 2 9 10 1 4 7 3 6 12 11
  - Oracolo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Testing e debugging

- Un malfunzionamento di un programma è causato da un difetto (errore, bug) nel codice
  - L'errore può essere introdotto in fase di analisi e specifica, di progettazione o di codifica

  - ***Debugging***: Individuazione e correzione del difetto che ha causato il malfunzionamento
  - Più alta è la fase in cui si introduce il difetto, maggiore è la difficoltà nel rimuoverlo
  - La ricerca di un difetto può essere fatta inserendo nel codice sorgente punti di ispezione dello stato delle variabili
  - NB: una volta corretto il difetto, rieseguire tutti i casi di test …

Come automatizzare il test

- Per automatizzare il test si possono usare i file per leggere dati di input e scrivere i dati di output

Flussi (stream)

- In C, il termine ***stream*** indica una sorgente di input o una destinazione per l'output
- Molti programmi (piccoli) ottengono il loro input da uno stream (ad es. la tastiera) e lo inviano ad un altro stream (ad esempio il video)
- Programmi più grandi possono avere necessità di usare più stream
- Gli stream spesso rappresentano file memorizzati da qualche parte (hard disk o altri tipi di memoria a lungo termine); in altri casi sono associati a periferiche (schede di rete, stampanti, etc)

Come automatizzare il test

- Per automatizzare il test si possono usare i file per leggere dati di input e scrivere i dati di output
- Nel nostro esempio dell'ordinamento dell'array, per ogni test case, avremo in input (ad esempio per TC4):
  - Un file "TC4_input.txt" contenente gli elementi dell'array di input (uno per riga)
  - Un file "TC4_oracle.txt" contenente gli elementi dell'array ordinato (uno per riga) che ci si aspetta di ottenere (oracolo)
  - … oltre al numero di elementi da ordinare
- … e in output:
  - Un file "TC4_output.txt" risultante dall'esecuzione del programma (output effettivo)
  - … oltre ad una indicazione dell'esito del test (PASS / FAIL)

Dati di test: esempio per TC4 (con PASS)

TC4_input.txt	TC4_oracle.txt	TC4_output.txt
5	1	1
8	2	2
2	3	3
9	4	4
10	5	5
1	6	6
4	7	7
7	8	8
3	9	9
6	10	10
12	11	11
11	12	12

Dati di test: esempio per TC4 (con FAIL)

TC4_input.txt	TC4_oracle.txt	TC4_output.txt
5	1	5
8	2	8
2	3	2
9	4	9
10	5	10
1	6	1
4	7	4
7	8	7
3	9	3
6	10	6
12	11	12
11	12	11

Chiamata con argomenti su linea di comando

./test_ordina_array 12 TC4_input.txt TC4_oracle.txt TC4_output.txt

- test_ordina_array è il nome del programma eseguibile

- Gli argomenti TC4_input.txt e TC4_oracle.txt sono i nomi del file di input e dell'oracolo (e devono esistere all'atto dell'esecuzione)
- L'argomento TC4_outptut.txt è il nome del file di output che verrà creato dal programma di test

- L'argomento 12 è il numero di elementi contenuti nei file con nome TC4_input.txt e TC4_oracle.txt

Il nostro esempio con argomenti sulla linea di comando

```
// FILE: test_ordina_array.c

# include <stdio.h>
# include <stdlib.h>
# include "vettore.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if(argc != 5)
            printf("Numero parametri non corretto \n");
    else {
            int n = atoi(argv[1]);
            int *a = calloc(n, sizeof(int));
            if(a == NULL)
                    printf("Memoria insufficiente \n");
            else {
                    finput_array(argv[2], a, n);
                    ordina_array(a, n);
                    foutput_array(argv[4], a, n);

// continua sulla prossima slide confronto con oracolo ...
```

continua

```
// continua da slide precedente ...

                        int *oracle =  calloc(n, sizeof(int));
                        finput_array(argv[3], oracle, n);
                        if(confronta_array(a, oracle, n))
                                printf("PASS \n");
                        else printf("FAIL \n");
                        }
                }
}
```

La funzione finput_array

```
// FILE:   vettore.c

/* NB: la lettura degli elementi del file va normalmente fatta usando un ciclo while e deve
     terminare quando si verifica la condizione di EOF. In questo caso usiamo un for perché
     assumiamo che il file contenga gli n elementi richiesti in input per l'array a      */

void finput_array(char *file_name, int a[], int n)
{
     int i;
     FILE *fd;

     fd=fopen(file_name, "r");
     if( fd==NULL )
                printf("Errore in apertura del file %s \n", file_name);
     else {
                for(i=0; i<n; i++)
                          fscanf(fd, "%d", &a[i]);
                fclose(fd);
                }
}
```

La funzione foutput_array

```
// FILE:   vettore.c

void foutput_array(char *file_name, int a[], int n)
{
     int i;
     FILE *fd;

     fd = fopen(file_name, "w");
     if( fd==NULL )
                printf("Errore in apertura del file %s \n”, file_name);
     else {
                for(i=0; i<n; i++)
                           fprintf(fd, "%d\n", a[i]);
                fclose(fd);
                }
}
```

La funzione confronta_array

```
// FILE:   vettore.c
// restituisce 1 se i due vettori di ingresso sono uguali, 0 altrimenti

int confronta_array(int a[], int b[], int n)
{
    int i =0;
    int trovato_diff = 0;

    while (i < n && !trovato_diff)
    {
            if(a[i] != b[i])
                    trovato_diff = 1;
            else i++;
    }
    return (trovato_diff) ? 0 : 1;
}
```

… ricapitolando, nel nostro piccolo progetto di esempio abbiamo i files: (1 di 2)

- **File di interfaccia (header files)**
  - **utile.h** interfaccia del modulo utile, contiene la funzione scambia()
  - **vettore.h** interfaccia del modulo vettore, contiene tutte le funzioni realizzate per manipolare gli array

- **File sorgenti .c**
  - **utile.c** realizzazione del modulo utile
  - **vettore.c** realizzazione del modulo vettore
  - **test_ordina_array.c** contiene la funzione main()

… ricapitolando, nel nostro piccolo progetto di esempio abbiamo i files: (2 di 2)

- **Casi di test (creati a mano)**
  - **TC1_input.txt** contengono i valori da inserire nel vettore nei
  - **…….** 4 casi di test
  - **TC4_input.txt**

- **Oracoli (creati a mano)**
  - **TC1_oracle.txt** contengono i corretti valori attesi nei
  - **…….** 4 casi di test
  - **TC4_oracle.txt**

- **Output (creati dal programma)**
  - **TC1_output.txt** contengono i valori prodotti dalla esecuzione
  - **…….** del programma nei 4 casi di test
  - **TC4_output.txt**

Il Makefile del nostro esempio

```
test_ordina_array.exe:     utile.o  vettore.o  test_ordina_array.o
            gcc utile.o  vettore.o  test_ordina_array.o  -o test_ordina_array.exe

utile.o:                utile.c
            gcc -c utile.c

vettore.o:              vettore.c  utile.h
            gcc -c vettore.c

test_ordina_array.o:        vettore.h   test_ordina_array.c
             gcc -c test_ordina_array.c
```

Per compilare il programma

- Se ho creato il Makefile
  - make test_ordina_array.exe
- Se non ho creato il Makefile
  - Compilazione dei moduli e produzione dei file oggetto .o
    - gcc -c utile.c vettore.c test_ordina_array.c
  - Collegamento dei moduli oggetto e creazione dell'eseguibile
    - gcc utile.o vettore.o test_ordina_array.o –o test_ordina_array.exe

Per eseguire il programma

- Esecuzione del programma sui 4 casi di test e creazione dei file di output

> ./test_ordina_array.exe 1 TC1_input.txt TC1_oracle.txt TC1_output.txt

Crea TC1_output.txt

> ./test_ordina_array.exe 9 TC2_input.txt TC2_oracle.txt TC2_output.txt

Crea TC2_output.txt

> ./test_ordina_array.exe 10 TC3_input.txt TC3_oracle.txt TC3_output.txt

Crea TC3_output.txt

> ./test_ordina_array.exe 12 TC4_input.txt TC4_oracle.txt TC4_output.txt

•Crea TC4_output.txt

Come testare il programma sull'intera test suite (in un sol colpo)

- Usiamo due file aggiuntivi
  - un file di input test_suite.txt che indica per ogni test case, il nome del test case e il numero di elementi dell'array
    - L'insieme dei test case per un programma viene chiamato ***test suite***
  - un file di output result.txt che memorizza l'esito di ogni test case (PASS / FAIL)
- Nel nostro esempio …

test_suite.txt

TC1 1
TC2 9
TC3 10
TC4 12

result.txt

TC1 PASS
TC2 PASS
TC3 FAIL
TC4 PASS

Come scrivere il programma di test

- Aprire il file test_suite.txt in lettura e leggere le varie righe del file finché non si raggiunge la fine del file
- Per ogni riga del file test_suite.txt
  - Usare il primo elemento della riga (l'identificativo del caso di test, es. per la prima riga TC1) per costruire le stringhe per i nomi dei file di input, oracolo e output (es. per la prima riga TC1_input.txt, TC1_oracle.txt, TC1_outptut.txt)
  - Eseguire il codice del programma di test visto in precedenza usando come numero di elementi da ordinare il secondo elemento della riga del file test_suite.txt e come nomi dei file di input, oracolo e output quelli costruiti in precedenza
  - Scrivere una riga nel file result.txt in base al confronto tra l'array di outptut e l'array contenente l'oracolo (es. per la prima riga "TC1 PASS" se il programma ha funzionato e "TC1 FAIL" se non ha funzionato)

- Farlo come esercizio ...

Esercizi

- Realizzare il programma che testa l'intera test suite in maniera automatica
  - Passare come argomenti su linea di comando i nomi dei file contenenti la test suite (es. test_suite.txt) e i risultati del test (es. result.txt)

- Realizzare i programmi di test delle funzioni del modulo vettore utilizzando l'allocazione dinamica della memoria per gli array e il caricamento dei dati da file

Esercizi

- Aggiungere al modulo vettore (sia al file vettore.h che al file vettore.c) le seguenti funzioni
  - Funzione che prende in input un array di interi e restituisce la somma degli elementi dell'array
  - Funzione che prende in ingresso due array di interi e restituisce in uscita l'array che contiene come elemento di posizione i la somma degli elementi di posizione i degli array di input
  - Funzione che prende in ingresso due array di interi e e restituisce il prodotto scalare dei due array. Il prodotto scalare di due array a e b è definito come:

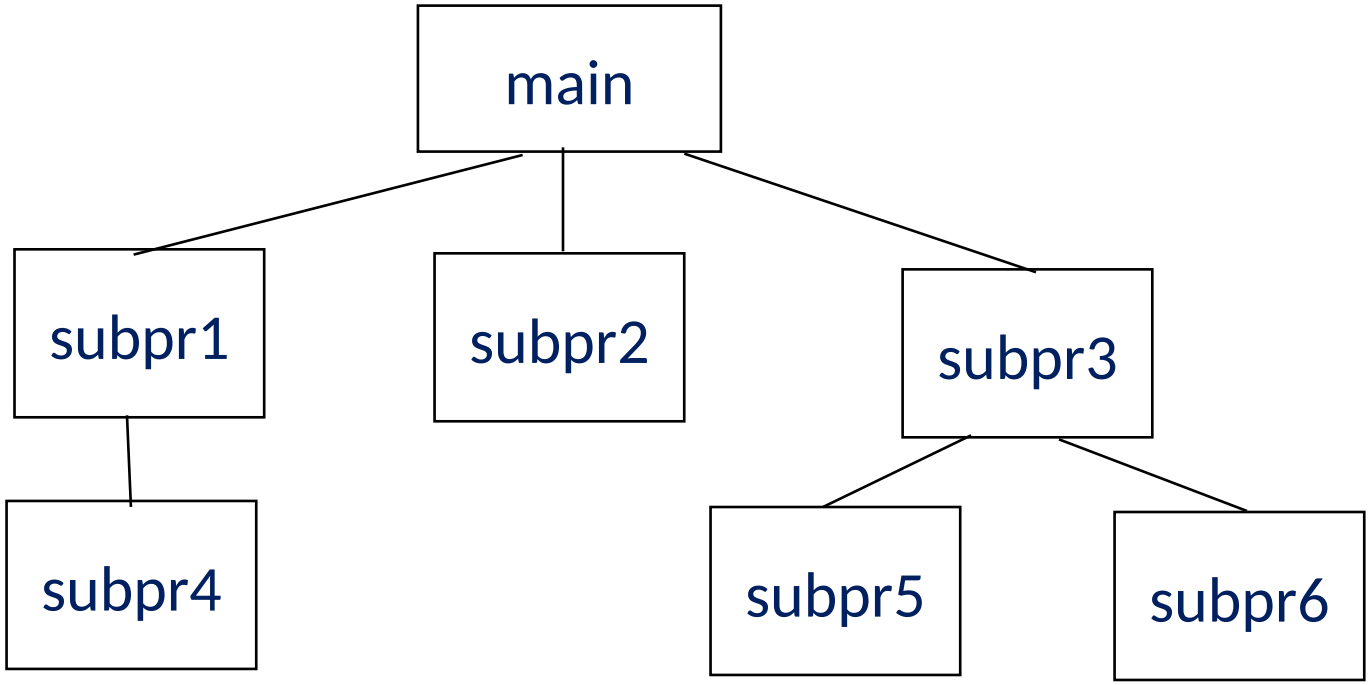
$$\sum_i a[i]*b[i]$$

E se il mio programma ha più funzioni ?

- ***Strategia big-bang***: integra il programma con tutti i sottoprogrammi e lo verifica nel suo insieme
  - Pessima strategia per programmi grandi: difficile localizzare la funzione contenente il difetto in caso di malfunzionamento …

- ***Strategie incrementali***: testare e integrare un sottoprogramma alla volta, considerando la struttura delle chiamate tra sottoprogrammi (architettura del programma)
  - **Bottom-up**
  - **Top-down**
  - **Sandwich**
  - **…**

Strategia bottom-up



- verificare prima i sottoprogrammi terminali (più in basso) e poi via via quelli di livello superiore …
  - **un sottoprogramma può essere verificato se tutti i sottoprogrammi che usa (chiama) sono stati verificati**

Strategia bottom-up e driver

- Per ogni sottoprogramma da verificare è necessario costruire un programma main (detto ***driver***) che:
  - acquisisce i dati di ingresso necessari al sottoprogramma;
  - invoca il sottoprogramma passandogli i dati di ingresso e ottenendo i dati di uscita;
  - visualizza i dati di uscita del sottoprogramma
- … usare la specifica del sottoprogramma per individuare i casi di test …

… Approfondimenti più avanti nel corso …