Testing di sistemi OO: livelli

I livelli di testing cambiano nel caso di programmazione a oggetti:

- *Testing di metodo* (method testing): testing di una singola operazione di una classe
- *Testing di classe* (class testing, unit testing): testing di una classe nella sua globalità
- *Testing di integrazione* (integration testing, inter-class testing): testing delle interazioni tra più classi
- *Testing di regressione* (regression testing): testing eseguito quando una o più classi sono state modificate

Influenza delle caratteristiche OO sul testing

Fattori che semplificano	Fattori che complicano
Interfacce definite presto	Binding dinamico
Incapsulamento	Concorrenza
Metodi corti	Eccezioni
Modularità	Ereditarietà
Sviluppo rapido	Genericità
Riuso	Incapsulamento
	Integrazione
	Interfacce complesse
	Polimorfismo

Influenza delle caratteristiche OO sul testing (cont.)

Incapsulamento: semplifica il testing di unità ma complica quello di integrazione perché l'interazione con altre classi può aggiungere nuove sequenze di invocazione di ciascun metodo (cioè nuovi sottografi al diagramma degli stati della classe)

Polimorfismo: richiede di selezionare un test set tale che tutti i tipi che possono essere associati dinamicamente a una variabile su cui viene invocato un metodo siano effettivamente esercitati da qualche caso di test (copertura delle invocazioni polimorfe)

Eccezioni: modificano il flusso di controllo senza che sia presente un esplicito costrutto condizionale → nuove forme di copertura:

- Selezionare un test set tale che ogni possibile eccezione sia sollevata almeno una volta
- Selezionare un test set tale che ogni possibile percorso di esecuzione associato a eccezioni sia esercitato almeno una volta

Influenza delle caratteristiche OO sul testing (cont.)

Ereditarietà: come noto, le sottoclassi possono

- Aggiungere attributi e metodi, rispettando però il vincolo semantico
  $\text{invariante}_{\text{sottoclasse}} \rightarrow \text{invariante}_{\text{classe}}$
- Ridefinire i metodi, soddisfando però i seguenti vincoli semantici:
  $\text{postcondizioni}_{\text{sottoclasse}} \rightarrow \text{postcondizioni}_{\text{classe}}$
  $\text{precondizioni}_{\text{classe}} \rightarrow \text{precondizioni}_{\text{sottoclasse}}$

$$\downarrow$$

per ogni sottoclasse creata/modificata è necessario identificare accuratamente che cosa va sottoposto a testing, cioè

- operazioni aggiunte
- operazioni ridefinite
- operazioni ereditate, ma influenzate dal nuovo contesto

Influenza delle caratteristiche OO sul testing (cont.)

Concorrenza: diverse sequenze di sincronizzazione possono dare risultati diversi
→ ogni caso di test deve specificare la sequenza di sincronizzazione da seguire, che deve poi essere forzata tramite

- modifiche del codice sorgente (es. delays)
- dispatcher programmabile di processi/thread

Testing di sistemi OO (cont.)

Problema	Spie che devono renderci sospettosi circa la possibile occorrenza del problema
Classe mancante	• Associazioni o generalizzazioni asimmetriche • Attributi e operazioni eterogenei in una classe • Una classe che riveste due o più ruoli • Un'operazione che non ha una classe destinataria • Due associazioni con lo stesso nome e proposito
Classe non necessaria	La classe non ha attributi, operazioni o associazioni
Associazione non necessaria	L'associazione è caratterizzata da info ridondante o nessuna operazione usa l'associazione
Collocazione sbagliata di un attributo	Si deve accedere a un oggetto attraverso un suo valore di attributo

Testing di sistemi procedurali e di sistemi OO: differenze

Nella programmazione OO:

- Il test di unità è meno difficile perché gli oggetti sono piccoli
- Il test di integrazione è molto più gravoso perché, nei sistemi OO, la complessità è sospinta verso le interfacce fra componenti
- Per la stessa ragione, le misure di copertura del codice e gli strumenti che le supportano sono di minore valore
- Validare la corrispondenza fra oggetti e metodi, da una parte, e i requisiti del documento dei requisiti, dall'altra, è gravoso perché esistono pochi strumenti (tool) in grado di farlo
- Esistono pochi strumenti in grado di assistere nella generazione di casi di test
- La maggior parte delle metriche del codice (ad es. il numero ciclomatico) sono inutili perché definite per il codice procedurale

Testing di sistemi procedurali e di sistemi OO: differenze (cont.)

Sistemi procedurali	Sistemi OO
La componente base è la procedura e un test è fondato su input/output	La componente base è la classe e un test dipende dallo stato dell'oggetto istanza di tale classe (= configurazione dei valori degli attributi in un punto dell'esecuzione) → è possibile forzare l'oggetto nello stato desiderato prima di iniziare il test • mediante funzionalità offerte dal linguaggio (es. friend), oppure • modificando il codice sorgente, oppure • si utilizzano le specifiche per determinare le sequenze di operazioni (pubbliche) che portano la classe in un certo stato
Una chiamata di procedura è risolta staticamente (a parte i puntatori a funzione)	Il codice effettivamente eseguito è noto solo durante l'esecuzione (polimorfismo)

Raccomandazioni di Fowler

- Non scrivere codice finché non si ha ben chiaro in mente come verificarlo
- Appena scritto un pezzo di codice, scrivere anche i test relativi
- Non ritenere conclusa la stesura del codice fino a quando tutti i casi di test non sono stati verificati
- Conservare per sempre il codice di verifica ed eseguirlo, ogni volta che è necessario, attraverso una semplice riga di comando o la pressione di un pulsante sull'interfaccia
- Scrivere il codice di verifica in modo che mostri l'eventuale lista dei malfunzionamenti rilevati, già interpretati
- Eseguire test sia per le singole unità (scritti dagli sviluppatori e organizzati in package per verificare le interfacce di tutte le classi), sia per le funzionalità (scritti da un gruppo separato dedicato al testing che guarda al sistema come a una "scatola nera")

Testing di unità di una classe

Difficoltà

Non si possono sfruttare le tecniche valide per i moduli procedurali perché

- la creazione di oggetti istanze della classe considerata può essere compiuta esternamente a tale classe
- il riuso della classe in altri contesti può portare a sequenze diverse di creazione degli oggetti e invocazione dei metodi

Soluzione

Testing basato sullo stato (state based testing): selezionare un test set tale che ogni transizione (corrispondente all'invocazione di un metodo) presente nel diagramma degli stati della classe sotto test venga esercitata almeno una volta; un test è superato se gli stati prossimi raggiunti sono quelli rappresentati nel diagramma degli stati

Testing basato sugli stati

Difficoltà

Il n° degli stati aumenta in modo combinatorio col n° degli attributi della classe

Soluzione

Anziché utilizzare un singolo (enorme) diagramma degli stati, considerare un insieme di diagrammi degli stati parziali

Concetto	Definizione
Stato parziale	Valori combinati di un insieme di sottostati
Sottostato	Valore di un particolare attributo a un punto dell'esecuzione
Valore specifico di un sottostato	Valore singolo (di un attributo) a cui corrisponde una manipolazione individuale
Valori generici di un sottostato	Rappresentazione cumulativa di un gruppo di valori (di un attributo) a cui corrisponde una uguale manipolazione

Testing basato sugli stati (cont.)

Se un attributo `p` di un oggetto `o1` è un puntatore, ci sono almeno 2 valori da associare a sottostati distinti di `o1`:

```
p == 0
p != 0
```

Se `p` è il riferimento a un oggetto `o2`, ciascuno stato di `o2` può indurre un nuovo sottostato di `o1`

Testing basato sugli stati: un esempio

```
class List {
   Item *head;
   Item *tail;
public:
   void append(Item *it);
   Item* remove();
};
class Item {
   char *data;
   Item *next;
   Item *prev;
};
```

Sottostati di `tail`:

```
S1 : tail == 0
S2 : tail != 0 && tail->prev == 0
S3 : tail != 0 && tail->prev != 0
```

Testing basato sugli stati: un esempio (cont.)

Transizioni:

`t0: → S1 : constructor`	`def`
`t1: S1 → S2 : append`	`def+use`
`t2: S2 →S3 : append`	`def+use`
`t3: S2 →S1 : remove`	`def+use`
`t4: S3 →S3 : append`	`def+use`
`t5: S3 →S2 : remove [tail->prev->prev == 0]`	`def+use`
`t6: S3 →S3 : remove [tail->prev->prev != 0]`	`def+use`

Variabile `tail`

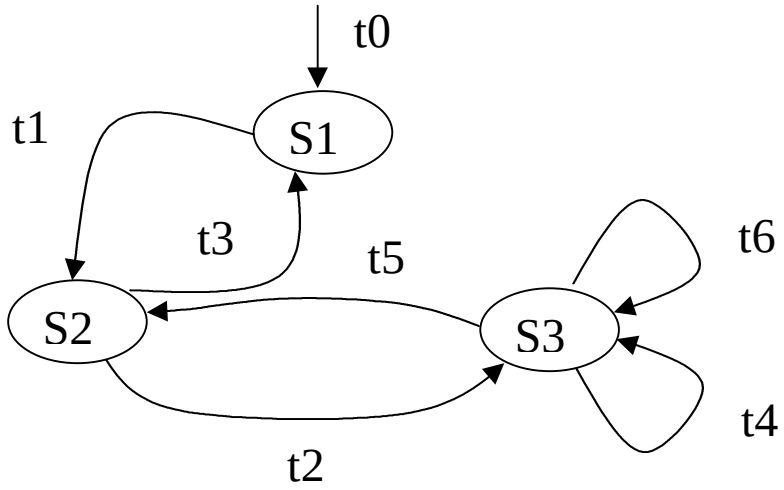
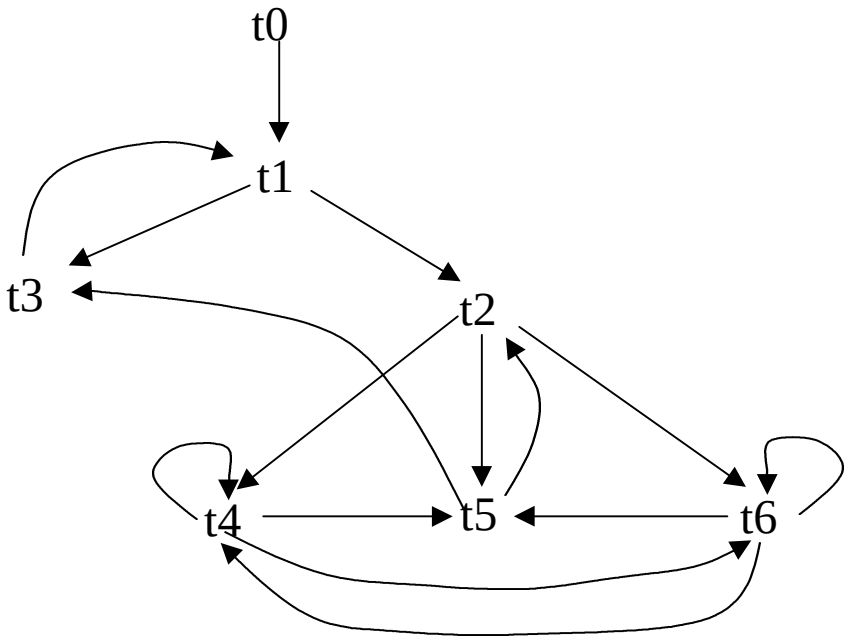


Diagramma degli stati parziali della classe `List` relativo ai soli sottostati di `tail`

Testing del flusso dei dati applicato al testing basato sugli stati

Il testing del flusso dei dati può essere applicato al testing basato sugli stati perché ciascuna transizione può definire e/o usare variabili; ciò richiede di derivare da ciascun diagramma degli stati un diagramma duale (sorta di CFG)

Esempio. Al diagramma degli stati di cui al lucido precedente corrisponde il seguente diagramma duale, da cui si ricavano i cammini def-uso della variabile `tail` elencati



(t0, t1)
(t1, t2); (t1, t3)
(t2, t4); (t2, t5); (t2, t6)
(t3, t1)
(t4, t4); (t4, t5); (t4, t6)
(t5, t2); (t5, t3)
(t6, t4); (t6, t5); (t6, t6)

Testing di integrazione

L'integrazione può sfruttare le dipendenze esplicitate dal diagramma delle classi, in particolare l'ordinamento parziale fra le stesse; in presenza di dipendenze cicliche, un passo di integrazione integra non già la singola classe ma un cluster contenente tutte le classi coinvolte

È possibile che alcuni malfunzionamenti si verifichino per legami dinamici (polimorfismo) che si attuano solo dopo l'integrazione → si utilizza l'Inter Class Control Flow Graph (ICCFG), in cui tutti i possibili binding sono rappresentati esplicitamente. Su questo si applicano tecniche di path-testing o data flow testing

Assertions (da Horstmann)

- Mechanism for warning programmers
- Can be turned off after testing
- Useful for warning programmers about precondition failure
- Syntax:

```
assert condition;    /* verifica che condition sia vera */

assert condition : explanation;
```

- Throws `AssertionError` if condition false and checking enabled
- `explanation` è una stringa (se è di tipo diverso, viene convertita in una stringa) che viene inserita nell'oggetto di tipo `AssertionError`
- Se l'asserzione non è verificata, l'esecuzione del programma termina e, nella maggior parte degli ambienti di esecuzione, viene visualizzato un msg d'errore (nome file, n° linea, `explanation`)

Assertions (da Horstmann, cont.)

```
public Message removeFirst()
{
assert count > 0 : "violated precondition size() > 0";

   Message r = elements[head];

   . . .
}
```

- With Java SDK, during testing, run with

```
java -enableassertions MyProg
```

or (identically)

```
java -ea MyProg
```

Asserzioni in Java SDK

Sono state introdotte nella versione 1.4

Per compilare un programma che contiene asserzioni usando il compilatore 1.4 è necessario adottare l'opzione sotto indicata

```
javac -source 1.4 NomeProgramma.java
```

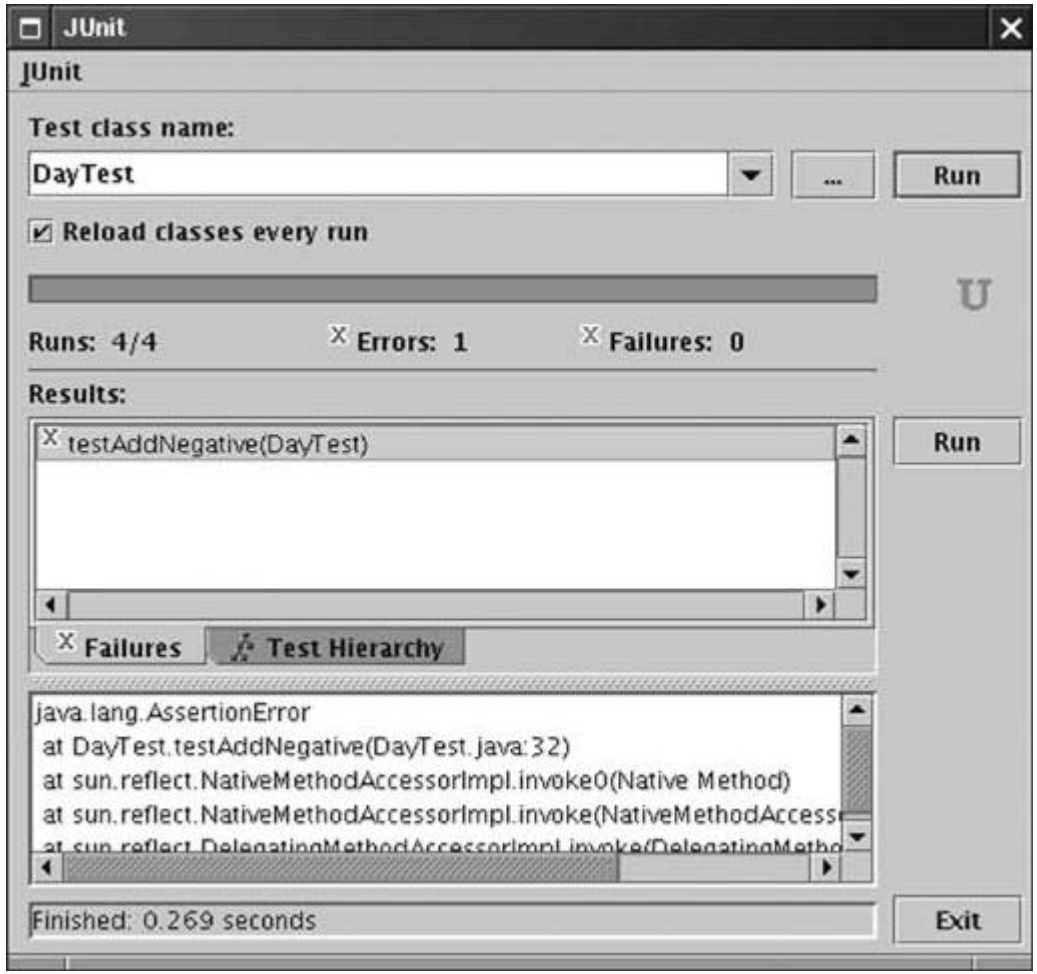
Unit Testing (da Horstmann)

- Unit test = test of a single class
- Design test cases during implementation
- Run tests after every implementation change
- When you find a bug, add a test case that catches it

L’esperienza dimostra che i programmatori sono molto meno riluttanti a migliorare la realizzazione di una classe quando dispongono di un insieme di prove che possono verificare le modifiche

JUnit (da Horstmann)

http://junit.org



JUnit (da Horstmann, cont.)

- Test class name = tested class name + Test (suggerimento)
- Test methods start with test

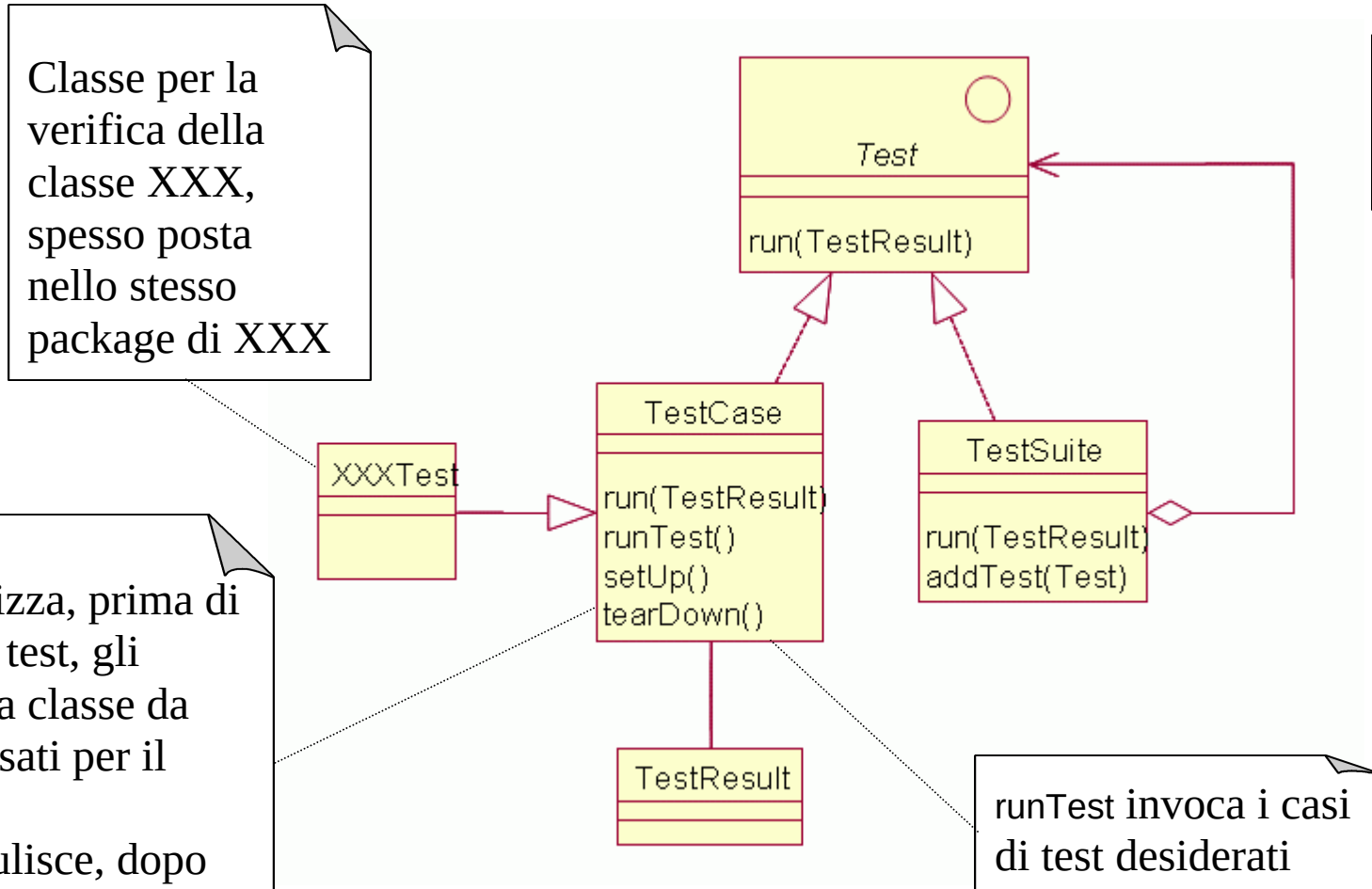
```
import junit.framework.*;

public class DayTest extends TestCase
{
   public void testAddDays() { ... }

   public void testDaysBetween() { ... }

   . . .
}
```

Diagramma delle classi di JUnit



Invocazione di casi di test con JUnit

```
public class XXXTest extends TestCase {
   public XXXTest (String testName) {
         super(testName);
   }
   public void testSomething ( ) {
   ...
   }
   public void testSomethingElse ( ) {
   ...
   }
   public void runTest ( ) {
      testSomething( );
      testSomethingElse( );
   }
}
```

Nota. Quella illustrata è una delle due varianti della modalità di statica di invocazione dei casi di test con JUnit. Inoltre JUnit supporta anche una modalità dinamica.

JUnit (da Horstmann, cont.)

- Each test case ends with assertion
- Test framework catches assertion failures

Esempio: test del metodo `AddDays` della classe `Day`

```
public void testAddDays()
{
   Day d1 = new Day(1970, 1, 1);

   int n = 1000;

   Day d2 = d1.addDays(n);

   assert d2.daysFrom(d1) == n;
}
```

Uso di JUnit

Per compilare le classi di test occorre aggiungere il file `junit.jar` al percorso delle classi

```
javac –classpath .:junit.jar –source 1.4 NomeProgramma.java
```

Per usare l'ambiente grafico di JUnit è necessario eseguire il comando

```
java –classpath .:junit.jar –ea junit.swingui.TestRunner NomeProgramma
```