Software Testing

Integration Testing

Testing «in isolamento»

Il testing di unità potrebbe essere applicato soltanto a parti di software completamente staccate:

- dal resto del software

(altre classi, librerie, …)

- da altri software

(sistema operativo, …)

- da altre risorse

(database, file, rete, …)

Limiti dello Unit Test

Non si può testare un modulo in isolamento se:

- comunica con il database
- comunica in rete
- comunica con altri moduli non ancora testati
- modifica database/file o altre fonti di dati
- non può essere lanciato in parallelo ad altri test
- …

Soluzioni per testare un modulo «in isolamento»

Due soluzioni concettuali possibili:

1) **Supporre la correttezza di tutti i moduli chiamati dal modulo sotto test e la validità di tutte le risorse da esso accedute**
2) **Sostituire tutti i moduli chiamati e le risorse accedute con versioni fittizie, semplificate, la cui correttezza può essere imposta per costruzione**

Soluzioni per testare un modulo «in isolamento»

1) La prima soluzione è quella adottata:

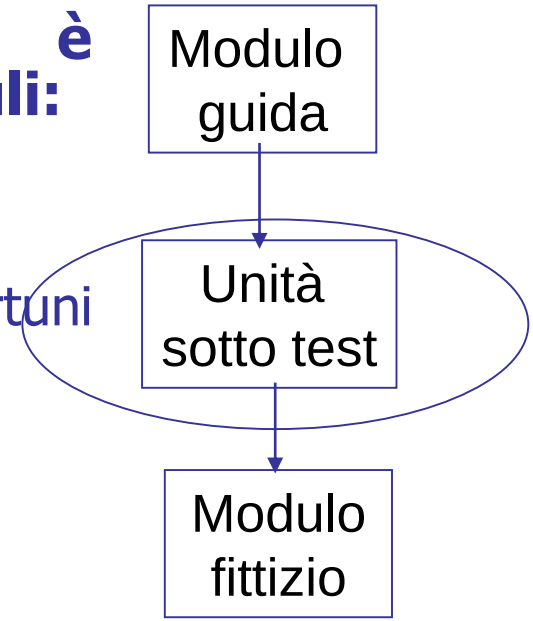
- nelle strategie di testing di integrazione *bottom-up*

2) La seconda soluzione viene adottata:

- nelle strategie *top-down*;
- Nelle tecniche di testing con driver e stub, fake o mock
- …

Testing di un modulo "non terminale": soluzione con driver e stub

Per testare un modulo non terminale, è necessario costruire due tipologie di moduli:



Moduli guida *(*driver)

- invocano l'unità sotto test, inviandole opportuni valori, relativi al test case

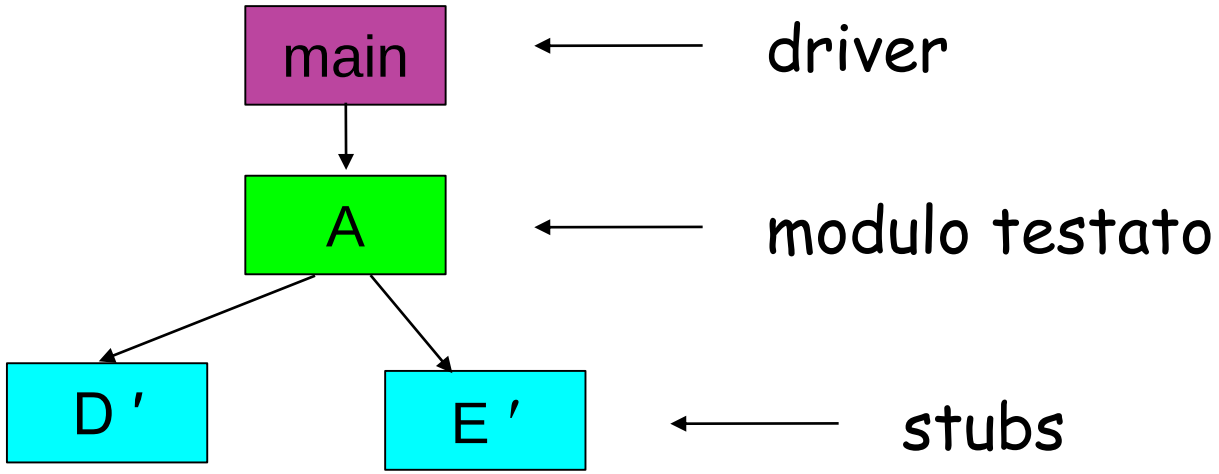
Moduli fittizi *(stub)*

- sono invocati dall'unità sotto test;
- emulano il funzionamento della funzione chiamata rispetto al caso di test richiesto (tenendo conto delle specifiche della funzione chiamata)
  - *Quando la funzione chiamata viene realizzata e testata, si sostituisce lo stub con la funzione stessa*

Stub e Driver

I moduli testati hanno bisogno di essere chiamati (dai Driver)

I moduli chiamati devono essere sostituiti da altri (Stub)



Driver

- **Un modulo driver deve sostituire in tutto e per tutto il/i moduli chiamanti il modulo da testare**
  - Un metodo TestCase sotto Junit può implementare un driver
- **Il modulo driver deve:**
  - Settare tutti i valori delle risorse e fonti dati utilizzate dal modulo da testare
  - In linguaggi object oriented, costruire l'oggetto il cui metodo è sotto test
  - Avviare il metodo da testare

Stub

- **Uno stub è una funzione fittizia la cui correttezza è vera per ipotesi**
  - Esempio, se stiamo testando una funzione *prod_scal(v1,v2)* che richiama una funzione *prodotto(a,b)* ma non abbiamo ancora realizzato tale funzione
  - Nel metodo driver scriviamo il codice per eseguire alcuni casi di test
    - *Ad esempio chiamiamo* prod_scal([2,4],[4,7])
  - Il metodo stub potrà essere scritto così:

```
int prodotto (int a, int b){
    if (a==2 && b==4) return 8;
    if (a==4 && b==7) return 28;
    }
```

  - La correttezza di questo metodo stub è data per ipotesi
  - Ovviamente per poter impostare tale testing, bisognerà avere precise informazioni sul comportamento interno richiesto al modulo da testare

Stub

- **Il termine Stub è utilizzato, più genericamente, per indicare un metodo fittizio, non ancora implementato o la cui implementazione sia, volutamente, incompleta**
  - Spesso gli stub vengono messi nel codice semplicemente come promemoria dei metodi ancora da realizzare oppure per consentire la compilazione del codice prima possibile
  - Lo stub ha il compito di riprodurre il comportamento del modulo che sostituisce unicamente nei casi di test previsti dai driver realizzati
  - Lo stub può essere scritto sulla base di una conoscenza 'black box' del modulo da emulare
    - *Gli stub consentono di testare un modulo prima che i moduli da cui esso dipenda sono stati realizzati*

Stub

- **Uno Stub può sostituire efficacemente una funzione**
  - Ad ogni caso di test deve corrispondere una diversa istanza dello stub (oppure un ramo diverso dello stub)
- **Uno Stub non sostituisce efficacemente una classe**
  - Non può gestire lo stato (valori degli attributi) di una classe tra due chiamate dello stub
  - Non può gestire il testing di una sequenza di interazioni

Dipendenze

- **Come si fa a sapere da quali moduli *dipende* l'esecuzione di un dato modulo da testare?**
  - *Il grafo delle dipendenze (Dependency Graph) è un grafo i cui moduli rappresentano moduli (eventualmente classi, metodi, package) e i cui archi, orientati, rappresentano relazioni di dipendenza tra i moduli (ad esempio causate dall'esistenza di chiamate di metodo, utilizzo di oggetti, utilizzo di attributi)*

Dependency graph evaluation

- **Il grafo delle dipendenze può essere parzialmente (totalmente in alcuni casi particolari) ricavato dall'analisi del codice sorgente dell'applicazione**
- **Parecchie estensioni eclipse sono in grado di valutare il dependency graph**
  - stan4j
  - Eclipse Metrics
  - jDepend
  - eDepend

stan4j

- **Strumento molto più potente per la valutazione di dependency graph e altre metriche**
  - Free solo per utilizzi su sistemi di limitate dimensioni
  - Un tutorial sul suo utilizzo è all'indirizzo: http://stan4j.com/
  - Scaricabile da: http://stan4j.com/general/download.html
  - Estensione eclipse:
    - http://update.stan4j.com/ide
- **Disegna il grafo delle dipendenze anche a livello più dettagliato, delle classi e dei metodi**

Testing dell'integrazione di due moduli

- **Una volta testate tutte le unità, è necessario procedere al testing di integrazione per valutare se esse funzionano correttamente nel loro complesso**
  - Se a chiama b, e sia a che b hanno superato i test di unità, non è detto che l'insieme di a e b soddisfi tutti i test previsti di a
    - *Possibili problemi potrebbero essere legati, ad esempio, a combinazioni negli input di b che chi ha testato b non ha previsto ma che possono comparire come possibili valori di chiamata in a*
  - Per testare a e b (con a che chiama b) potrebbe essere sufficiente utilizzare i test progettati per a
    - *In pratica, si sostituisce, nei test progettati per a, il vero modulo b al posto del suo stub (o mock)*

Strategie per il testing di integrazione

- **Il testing di integrazione consiste nel considerare insiemi via via più grandi di moduli, fino ad ottenere l'insieme completo**
- **In che modo decidiamo l'ordine di integrazione?**
  - Due strategie "estreme": top-down e bottom-up

Testing d'integrazione bottom-up

- **Si parte dai moduli che non hanno dipendenze (nodi senza archi uscenti nel grafo delle dipendenze)**
- **Si integra ognuno di questi moduli con uno di quelli che lo chiama e si testa la coppia**
- **Si ridisegna il grafo delle dipendenze avendo sostituito i due moduli integrati con un unico modulo**
- **Si ripete iterativamente il procedimento fino ad ottenere un grafo con un unico nodo**
  - Questo procedimento vale in assenza di cicli nel grafo.

Testing d'integrazione top-down

- **Si parte dai moduli che non dipendono da alcun altro modulo (nodi senza archi entranti nel grafo delle dipendenze)**
- **Si integra ognuno di questi moduli con uno di quelli chiamati e si testa la coppia**
- **Si ridisegna il grafo delle dipendenze avendo sostituito i due moduli integrati con un unico modulo**
- **Si ripete iterativamente il procedimento fino ad ottenere un grafo con un unico nodo**
  - Questo procedimento vale in assenza di cicli nel grafo.

Risoluzione dei cicli

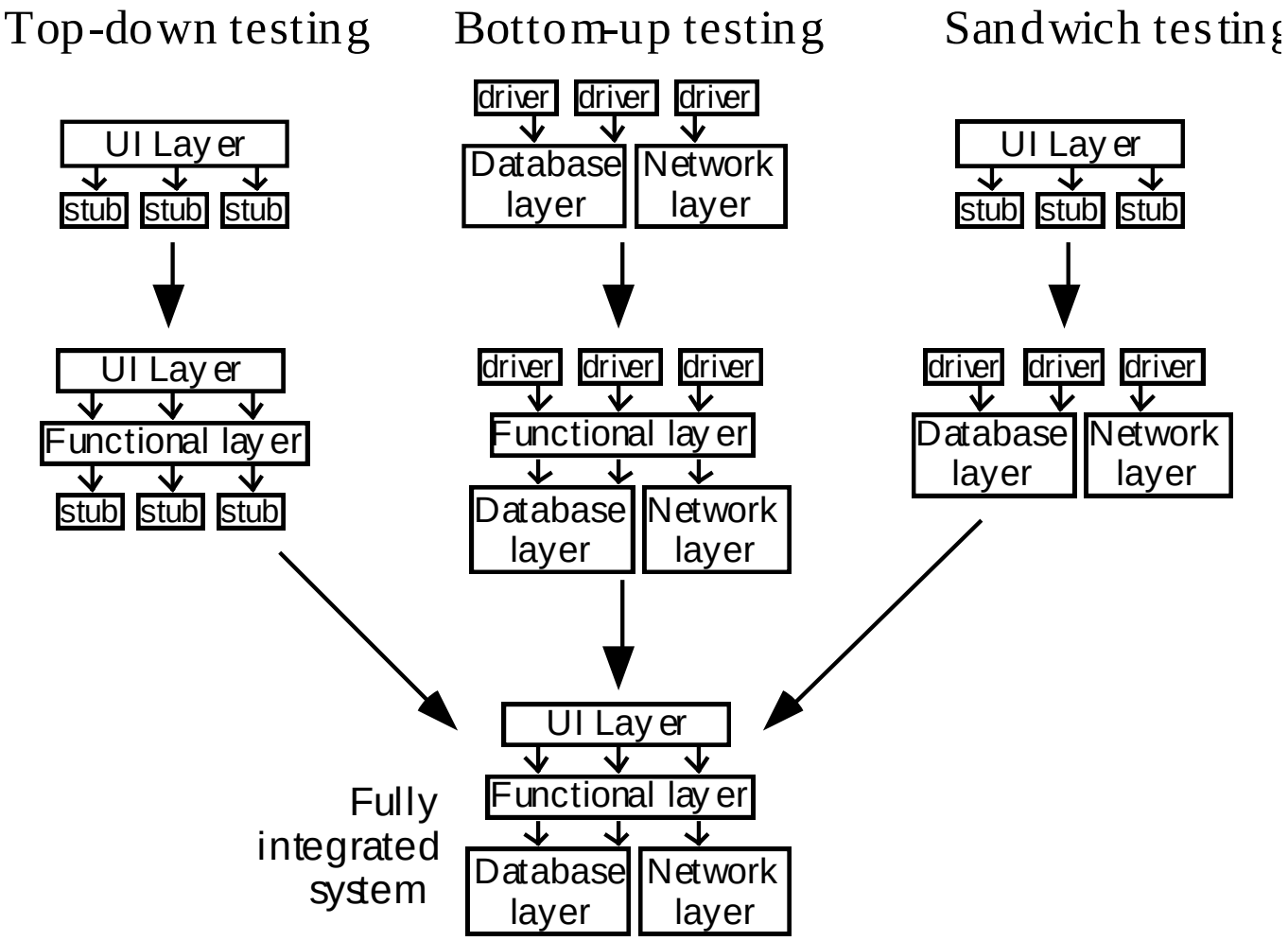
Possibile tecnica:

- **«Aprire» i cicli utilizzando degli stub**
  - Ad esempio, in presenza di un ciclo a->b->c->a
    - *si sdoppia il modulo a creando un aStub*
    - *Si integrano i moduli come a->b->c->aStub (non ciclico)*
    - *Si sostituisce a ad aStub testando tutto il ciclo*

Strategie d'integrazione

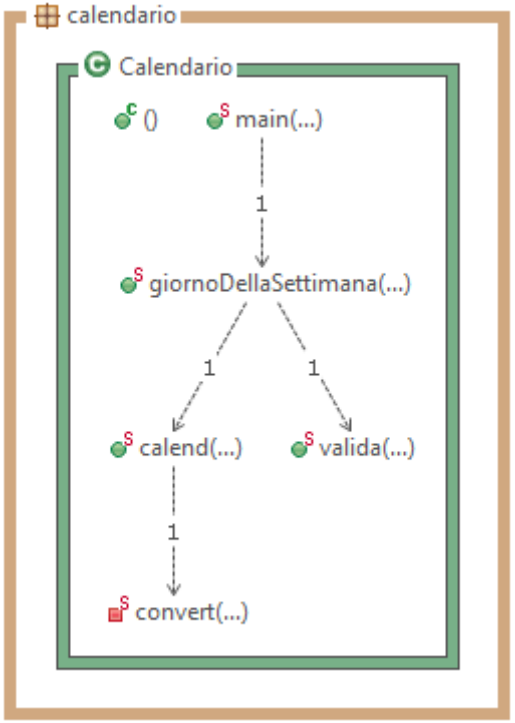
- **E'abbastanza semplice la scelta di una strategia precisa per software progettato a livelli (layer)**
- **Spesso si utilizzano tecniche miste (sandwich) nel quale strategie top-down e bottom-up sono alternate**
- **Altre strategie portano a integrare prima i metodi più fortemente accoppiati, in modo da ridurre il più velocemente possibile la complessità del grafo delle dipendenze**
- **Spesso la strategia d'integrazione dipende anche dalla gerarchia aziendale e dall'organizzazione delle risorse umane**

Strategie per il testing di integrazione



Esempio di testing di integrazione con JUnit

- **Consideriamo un'unica classe Calendario con i seguenti metodi:**
  - main legge da linea di comando giorno, mese (stringa) e anno
  - giornoDellaSettimana converte il mese in input in un intero, controlla se la data è valida e eventualmente chiama calend
  - valida controlla se la data è valida
  - calend calcola il giorno della settimana (numerico)
  - convert converte in stringa il giorno della settimana risultante



Grafo ricavato automaticamente con STAN4J

Codice esempio: giornoDellaSettimana

```
public static String giornoDellaSettimana(int d, String ms, int a)
{
int m=0;
if (ms.equals("gennaio"))
m=1;
else if (ms.equals("febbraio"))
m=2;
else if (ms.equals("marzo"))
m=3;
else if (ms.equals("aprile"))
m=4;
else if (ms.equals("maggio"))
m=5;
else if (ms.equals("giugno"))
m=6;
else if (ms.equals("luglio"))
m=7;
else if (ms.equals("agosto"))
m=8;
else if (ms.equals("settembre"))
m=9;
else if (ms.equals("ottobre"))
m=10;
else if (ms.equals("novembre"))
m=11;
else if (ms.equals("dicembre"))
m=12;
if ((m>0) && valida(d,m,a))
return calend(d,m,a);
else
return "Errore";
}
```

Codice esempio: valida

```
public static boolean valida(int d, int m, int a) {
if (d<1 || d>31 || m==0 || a<=1582)
return false;
Boolean bisestile= (a%4==0);
if (bisestile && a%100==0 && a%400!=0)
bisestile=false;
if ((m==2 && d>29)||(m==2 && d==29 &&
      !bisestile))
return false;
if ((m==4 || m==6 || m==9 || m==11) && d>30)
return false;
return true;

}
```

Codice esempio: calend

```
public static String calend(int d, int m, int a)
{
if (m<=2)
 {
  m = m + 12;
  a--;
 };
 int f1 = a / 4;
 int f2 = a / 100;
 int f3 = a / 400;
 int f4 = (int) (2 * m + (.6 * (m + 1)));
 int f5 = a + d + 1;
 int x = f1 - f2 + f3 + f4 + f5;
 int k = x / 7;
 int n = x - k * 7;
 return convert(n);
}
```

Codice esempio: convert

```
public static String convert(int n) {
 if (n==1)
 return "Lunedi";
 else if (n==2)
 return "Martedi";
 else if (n==3)
 return "Mercoledi";
 else if (n==4)
 return "Giovedi";
 else if (n==5)
 return "Venerdi";
 else if (n==6)
 return "Sabato";
 else if (n==0)
 return "Domenica";
 else return "Errore";
}
```

Codice esempio: main

```
public static String main(String[] args) {
if (args.length==3){
int giorno=Integer.parseInt(args[0]);
String mese=args[1];
int anno=Integer.parseInt(args[2]);
String giornoDS=new String(giornoDellaSettimana(giorno,mese,anno));
System.out.println(giornoDS);
return giornoDS;
}
else
return "";
}
```

Esempio di testing bottom-up 1/2

- **Cominciamo testando convert**

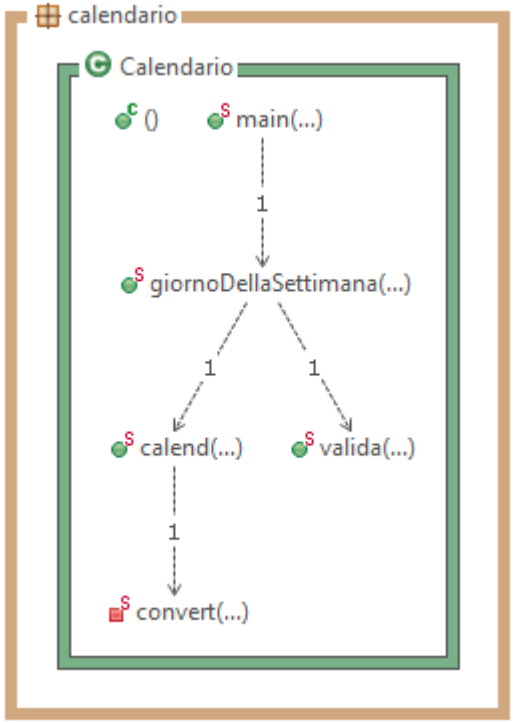
```
@Test
 public void testConvert1() {
 assertEquals("Domenica",Calendario.convert(0));
 }
 …
```

- **Continuiamo con calend**

```
@Test
public void testCalend1() {
assertEquals("Domenica",Calendario.calend(24
, 4, 2011));
}
…
```

- **Poi valida:**

```
 @Test
 public void testValida1() {
 assertTrue(Calendario.valida(24, 4, 2011));
 }
 …
```



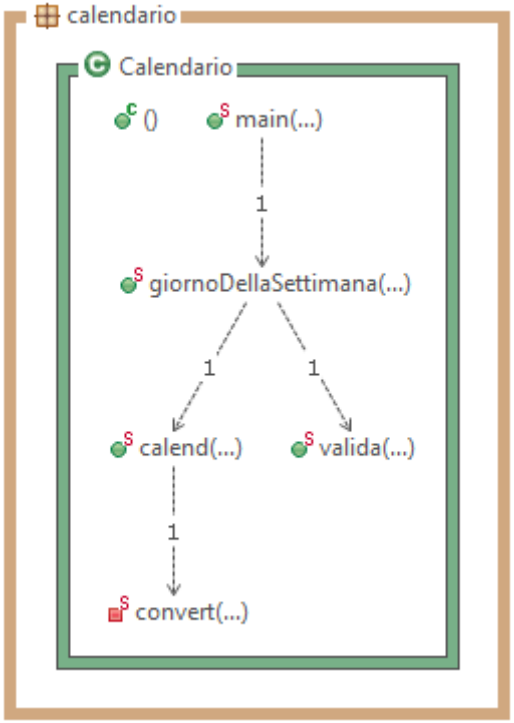
Esempio di testing bottom-up 2/2

- **Poi giornoDellaSettimana:**

```
@Test
public void testGiornoDellaSettimana1() {
assertEquals("Domenica",Calendario.giornoDellaSettimana(24,
   "aprile", 2011));
}
…
```

- **Infine il test del main:**

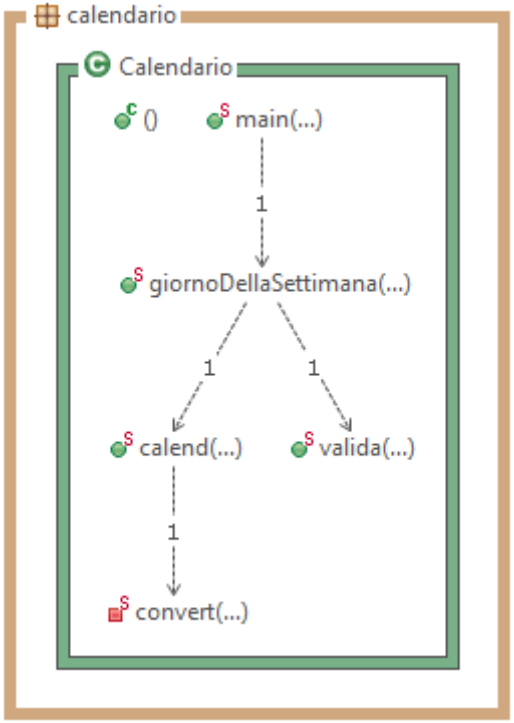
```
@Test
public void testMain1() {
String a[]=new String[3];
a[0]="24";
a[1]="aprile";
a[2]="2011";
assertEquals("Domenica",Calendario.main(a)),
}
…
```



Esempio di testing top-down 1/2

- **Per testare la classe main da sola, vediamo che è necessario solo uno stub per giornoDellaSettimana**

```
public static String giornoDellaSettimana(int
   d, String ms, int a){
//STUB
if (d==24 && ms.equals("aprile") && a==2011)
   return "Domenica"; //TC1
else if (d==32 && ms.equals("aprile") &&
   a==2011) return ""; //TC2
return "";
}
```

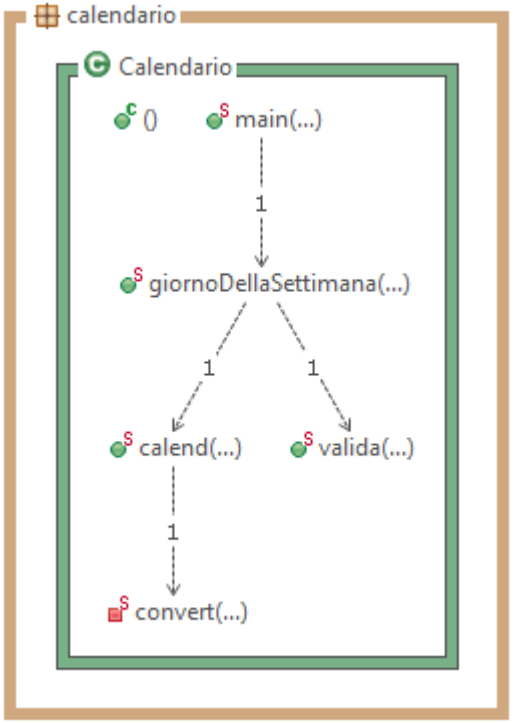


- **Possiamo, poi, eseguire gli stessi test progettati per il main nel bottom-up**

Esempio di testing top-down 2/2

- **Per testare la classe giornoDellaSettimana sono necessari stub sia per calend che per valida**

```
public static boolean valida(int d, int m, int
   a) {
//STUB
if (d==24 && m==4 && a==2011) return true;
else if (d==29 && m==2 && a==2012) return true;
else if (d==32 && m==4 && a==2011) return
   false;
return false;
}


public static String calend(int d, int m, int
   a){
// STUB
if (d==24 && m==4 && a==2011) return
   "Domenica";
else if (d==32 && m==4 && a==2011) return
   "Errore";
else return "";
}
```

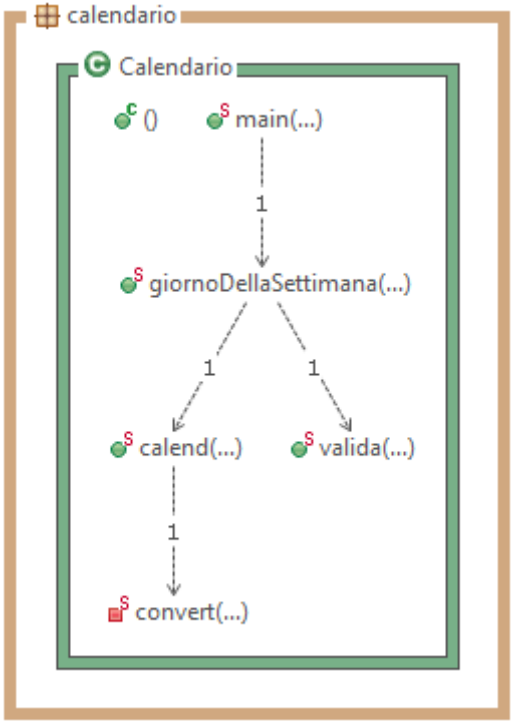


- **A questo punto riusiamo i test di calend, e così via**

Altri casi di test

- **Se, ad esempio, la classe calend fosse stata la prima ad essere realizzata**
  - Ad esempio per ragioni di prototipazione, poiché è l'unica classe con complessità derivanti dalle conoscenze di astronomia

  sarebbero necessari:
- **Un driver che si comporti come giornoDellaSettimana**
  - Può essere il metodo di test JUnit che pensammo nelle strategie top-down e bottom-up
- **Uno stub che imiti convert nei casi previsti dal driver**
  - Può essere lo stub che pensammo nel testing bottom-up



Limiti e problemi della tecnica con stub e driver

- **Difficile applicazione nell'object oriented**
  - Uno stub può sostituire con facilità solo un metodo combinatorio (senza stato)
    - *Se il metodo legge o modifica attributi della classe bisognerà realizzare ulteriori metodi stub (o reali) che svolgano queste operazioni*
- **Ogni caso di test ha bisogno di uno stub diverso**
- **Gli stub sostituiscono i metodi, quindi prima di eseguire ogni test dovremmo rinominare il metodo di stub (per fargli sostituire il metodo originale) e ricompilare**
    - *Scarsa automazione dei test*

Limiti e problemi della tecnica con stub e driver

- **I driver possono anche essere realizzati come casi di test Junit, ma gli stub sembrano essere dei pezzi di codice fastidiosi che devono essere utilizzati / ignorati all'esecuzione di ogni test**

- **Quali soluzioni possiamo ottenere per non essere costretti a gestire questi stub espliciti?**
  - Possiamo implementare un caso di test interamente in un codice di un metodo di test Junit?

Test Doubles

Mock objects

Test Doubles

In generale, un test double è una implementazione alternativa e sostitutiva di una interfaccia o di una classe che non potrebbe essere utilizzata in un test perché:

- Troppo lenta
- Non (ancora) disponibile
- Dipendente da qualcos'altro che non è (ancora) disponibile
- Troppo difficile da istanziare e configurare per un test
  - Solo nel caso particolare di una funzione, un suo test double può essere uno stub

Tassonomia: Mock Object, Fake, e Stub

Type of mock	Description
Stubs	Stubs are essentially the simplest possible implementation of a given interface you can think of. For example, stubs' methods typically return hardcoded, meaningless values.
Fakes	Fakes are a degree more sophisticated than stubs in that they can be considered an alternative implementation of the interface. In other words, a fake looks like a duck and walks like a duck even though it isn't a real duck. In contrast, a stub only looks like a duck.
Mocks	Mocks can be considered even more sophisticated in terms of their implementation, because they incorporate assertions for verifying expected collaboration with other objects during a test. Depending on the implementation of a mock, it can be set up either to return hardcoded values or to provide a fake implementation of the logic. Mocks are typically generated dynamically with frameworks and libraries, such as EasyMock, but they can also be implemented by hand.

Tratto da: Test Driven - Practical TDD and Acceptance TDD for Java Developers (Lasse Koskela)- Manning Ed. 2008

Mock-Objects

- **Una precisa emulazione del comportamento delle classi non ancora implementate è ottenibile con i mock object**

- **Un mock object è una simulazione di un oggetto reale.**
- **Implementa l'interfaccia dell'oggetto da simulare ed ha il suo stesso comportamento.**
- **Possono fornire una risposta pre-impostata.**
- **Possono verificare se l'oggetto che li usa lo fa correttamente.**
- **Utilissimi per testare unità senza legarsi ad oggetti esterni.**

Differenze fra Stub e Mock

I Mock-Objects non sono Stub! [Fowler]

- http://martinfowler.com/articles/mocksArentStubs.html

In genere lo stub è molto più semplice di un Mock-Object

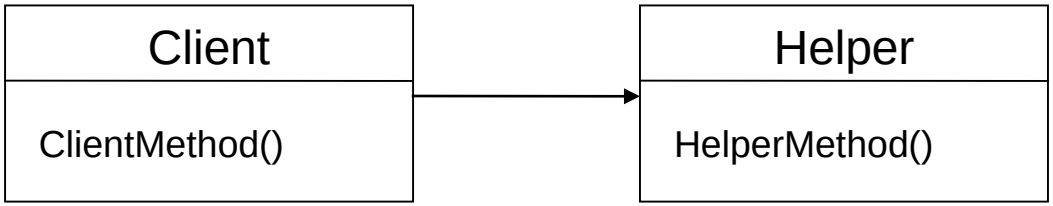
- Gli stub forniscono risposte preconfezionate (con valori prefissati) a chiamate fatte durante il test, senza rispondere di solito a nulla che sia al di fuori di ciò che è previsto per il test.

I mock hanno implementazioni più sofisticate che consentono di verificare il comportamento dell'unità testata (e non solo lo stato)

- verificando ad esempio le collaborazioni avute con altri oggetti ed il relativo ordine di esecuzione
- Possono contenere asserzioni, riguardanti aspetti utili al debugging
- Mock già realizzati saranno fondamentali nei test che coinvolgono classi di libreria

Testing di Classi con Mock

Es.: La classe Client (da testare) usa i metodi di Helper



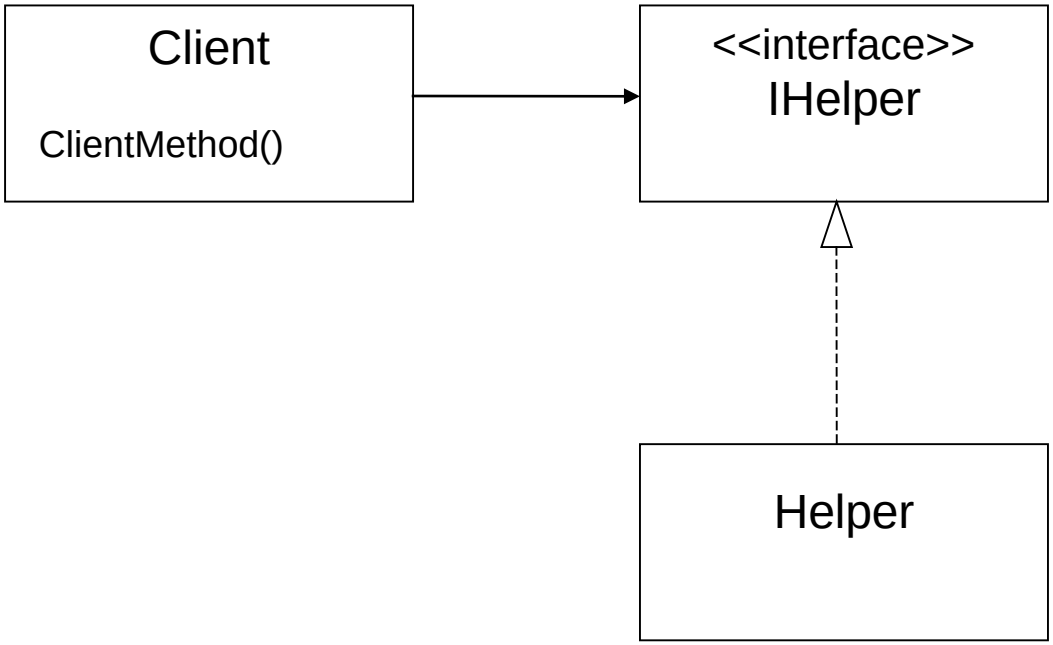
Ma la classe Helper non può essere usata perché:

- Non è ancora disponibile
- Vogliamo controllare direttamente ciò che Helper restituisce a Client

Vogliamo costruire un Test Double di Helper

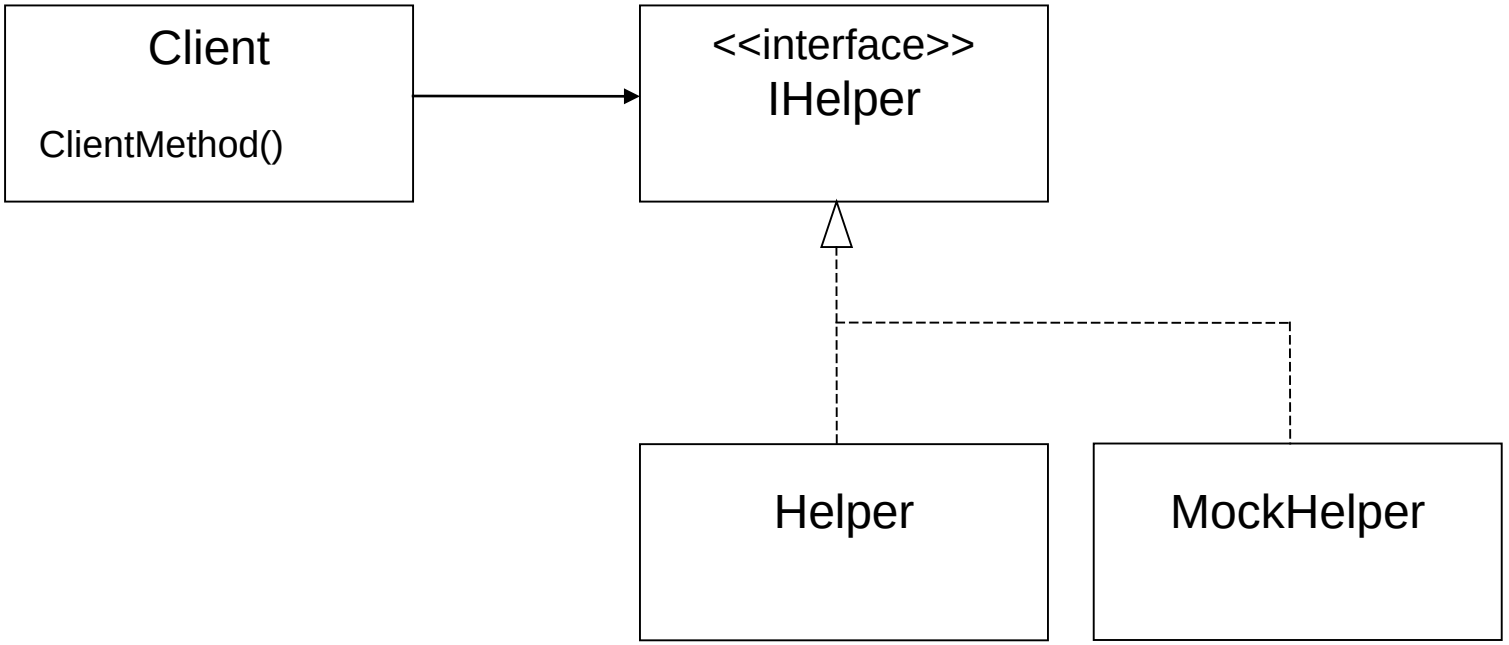
La soluzione usando i Mock-Object

Si estrae l'Interfaccia IHelper…



La soluzione usando i Mock-Object

Il MockObject implementa l'Interfaccia IHelper



Un esempio di semplice Mock

```
public class MockHelper implements IHelper
{
  public MockHelper ( )
  {
  }

  public Object helperMethod( Object aParameter )
  {
    Object result = null;
    if ( ! aParameter.toString().equals("expected" )
    {
      throw new IllegalArgumentException(
         "Unexpected parameter: " + aParameter.toString() );
    }
    result = new String("reply");
    return result;
  }
}
```

Utilizzo di MockHelper

Una classe di test che testi la classe Client utilizzando MockHelper anziché mock dovrà:

- **Istanziare un oggetto di MockHelper**
- **Passarlo al costruttore di Client o ad un metodo setHelper di Client**

In questo modo, la classe Helper originale potrà in futuro essere integrata senza la necessità di modificare o distruggere alcunché

Esempio: classe di test

- Per rendere eseguibile questo complesso caso di test funzionale è stato sufficiente scrivere PricingServiceTestDouble anziché PricingService
  - Da notare che la sostituzione tra oggetto reale e suo doppione avviene solo e soltanto nel caso di test, non nell'originale PricingService

```
public class OrderProcessorTest {
@Test
    public void testOrderProcessorWithMockObject() throws Exception {
        float initialBalance = 100.0f;
        float listPrice = 30.0f;
        float discount = 10.0f;
        float expectedBalance = (initialBalance - (listPrice * (1 - discount/100)));
        Customer customer = new Customer(initialBalance);
        Product product = new Product("TDD in Action", listPrice);
        OrderProcessor processor = new OrderProcessor();
        PricingService service = new PricingServiceTestDouble(discount);
        processor.setPricingService(service);
        processor.process(new Order(customer, product));
        assertEquals(expectedBalance, customer.getBalance(), 0.001f);
}
}
```

Esempio (con sola estensione anziché Interface)

Doppione della classe Pricing Service:

- Estende la classe che deve sostituire
- Ridefinisce i metodi di cui abbiamo bisogno per eseguire i nostri test
  - In questo caso consente di accedere all'attributo discount
- Il metodo reale getDiscountPercentage avrebbe letto il valore dal database

```
public class PricingServiceTestDouble extends PricingService {
  private float discount;
  public PricingServiceTestDouble(float discount) {
    this.discount = discount;
  }
  public float getDiscountPercentage(Customer c, Product p) {
     return discount;
  }
}
```

Confronti

- **Il vantaggio della soluzione con interface è la perfetta sostituibilità della classe reale con quella mock**
- **La soluzione con estensione, viceversa, può essere utile quando si vuole sostituire solo alcuni metodi, utilizzando i rimanenti dalla classe originale (nell'ipotesi che già esista)**

Sviluppo di Mock

- **In genere i Mock sono in grado di fare controlli sul comportamento dell'oggetto testato e sulle sue interazioni con altri oggetti.**
- **Lo sviluppo di Mock Objects è supportata da diversi frameworks, o librerie (come JMock o EasyMock in Java).**
  - Spesso sono disponibili librerie di mock già pronti corrispondenti ad oggetti di libreria

EasyMock

É un Framework per creare mock objects a run time.

Usa le Java reflection per creare una classe mock object che implementa una certa interfaccia.

É un progetto open source project ospitato su SourceForge:

http://www.easymock.org

Esempio: class Portfolio

```
package esempioeasymock;

import java.util.ArrayList;

import java.util.List;


public class Portfolio {

    private String name;

    private StockMarket stockMarket;

    private List<Stock> stocks = new
    ArrayList<Stock>();


public Double getTotalValue() {

    Double value =0.0;

    for (Stock stock : this.stocks) {

    value += (stockMarket.getPrice(stock.getName()) *
    stock.getQuantity());

    }

return value;

}
```

```
public String getName() {return name;}

public void setName(String name) {this.name = name;}

public List<Stock> getStocks() {return stocks;}

public void setStocks(List<Stock> stocks)
        { this.stocks = stocks; }

public void addStock(Stock stock) { stocks.add(stock);}

public StockMarket getStockMarket()
        {return stockMarket;}

public void setStockMarket(StockMarket stockMarket)
        {this.stockMarket = stockMarket;}

}
```

Classe Portfolio:
Gestisce un insieme di azioni (Stock) ed è in grado di calcolarne il valore totale sommando i singoli valori

Esempio: classe Stock e interface StockMarket

```
package esempioeasymock;

public class Stock {
      private String name;
      private int quantity;

public Stock(String name, int quantity) {
      this.name = name;
      this.quantity = quantity;
}
public String getName() {return name;}
public void setName(String name)
      {this.name = name;}
public int getQuantity() {return quantity;}
public void setQuantity(int quantity)
      {this.quantity = quantity;}
 }
```

```
package esempioeasymock;

public interface StockMarket {
  public Double getPrice(String stockName);
}
```

- **Stock rappresenta un azione.**
- **StockMarket è un'interfaccia della quale non è (ancora) disponibile alcuna implementazione**

- **Vogliamo testare i principali metodi di Portfolio sostituendo a StockMarket (che non esiste ancora) un mock creato con EasyMock**

Esempio: testPortfolio

```
package esempioeasymotests;
 import junit.framework.TestCase;
import org.easymock.EasyMock;
import org.junit.Before;
import org.junit.Test;
import esempioeasymock.*

public class PortfolioTest extends TestCase {
        private Portfolio portfolio;
        private StockMarket marketMock;

@Before
public void setUp() {
        portfolio = new Portfolio();
        portfolio.setName("Veera's portfol");
        marketMock =
        EasyMock.createMock(StockMarket.class);
        portfolio.setStockMarket(marketMock);
}
```

```
@Test
public void testGetTotalValue() {
        EasyMock.expect(marketMock.getPrice("EBAY")).and
        Return(42.00);
        EasyMock.replay(marketMock);

        Stock ebayStock = new Stock("EBAY", 2);
        portfolio.addStock(ebayStock);
        assertEquals(84.00, portfolio.getTotalValue());
}
 }
```

- marketMock è una istanza di un'implementazione mock di StockMarket creata a run-time da EasyMock
- Con il metodo EasyMock.expect viene dichiarato uno stub del comportamento di getPrice, intendendo che quando getPrice verrà chiamato con parametro di valore pari a «EBAY» dovrà essere restituito il valore 42 (metodo andReturn)
- Con il metodo replay vengono creati effettivamente i metodi stub le cui caratteristiche sono state dichiarate con gli expect
- Il resto del metodo di test è identico a quello che sarebbe stato se non fosse esistito alcun Mock

Lessons learned

- **EasyMock.createMock(*classe*)**
  - ha in input una classe (eventualmente anche un'interfaccia) e fornisce in output un oggetto di una classe mock relativa a quella classe (interfaccia)
- **EasyMock.expect(oggettomock.metodo(parametro)).andReturn(valore);**
  - Genera un metodo sull'oggetto mock indicato che, se chiamato con quel parametro restituirà il valore indicato in andReturn
- **EasyMock.replay(marketMock);**
  - Rende operativi i metodi dichiarati con le chiamate expect

Appendice

Esempio di testing di interazioni con JDBC
Classe di cui vogliamo creare un Test Double

```
import javax.sql.*;
import java.sql.*;
import java.util.*;
public class JdbcPersonDao implements PersonDao {
        private DataSource datasource;
        public void setDatasource(DataSource datasource) {
        this.datasource = datasource;
        }
public List<Person> findByLastname(String lastname) {
try {
        Connection conn = datasource.getConnection();
        String sql = "SELECT * FROM people WHERE last_name = ?";
        PreparedStatement stmt = conn.prepareStatement(sql);
        stmt.setString(1, lastname);
        ResultSet rset = stmt.executeQuery();
        List<Person> people = new ArrayList<Person>();
        while (rset.next()) {
          String firstName = rset.getString("first_name");
          String lastName = rset.getString("last_name");
          people.add(new Person(firstName, lastName));
        }
        rset.close();
        stmt.close();
        conn.close();
        return people;
} catch (SQLException e) {throw new RuntimeException(e);}
}
// Other PersonDao methods not shown
}
```

- PersonDao è la classe Model che modella l'entità Persona
- JdbcPersonDao è la classe che implementa la connessione ad un database JDBC e, in particolare, il metodo findByLastName

Esempio di test JDBC 1/2

```
import static org.junit.Assert.*;
import static org.easymock.EasyMock.*;
import com.mockobjects.sql.*;
import org.junit.*;
import java.sql.*;
import javax.sql.*;
import java.util.*;
public class JdbcPersonDaoTest {
@Test
public void testFindByLastname() throws Exception {
        //Crea i mock e li collega
        DataSource datasource = createMock(DataSource.class);
        Connection connection = createMock(Connection.class);
        expect(datasource.getConnection()).andReturn(connection);
        String sql = "SELECT * FROM people WHERE last_name = ?";
        PreparedStatement stmt
        =createMock(PreparedStatement.class);
        expect(connection.prepareStatement(sql)).andReturn(stmt);
        stmt.setString(1, "Smith");
```

```
//Crea un mock del risultato
MockMultiRowResultSet resultset =new
MockMultiRowResultSet();
String[] columns = new String[]   { "first_name", "last_name" };
resultset.setupColumnNames(columns);
List<Person> smiths = createListOfPeopleWithLastname("Smith");
resultset.setupRows(asResultSetArray(smiths));
expect(stmt.executeQuery()).andReturn(resultset);
resultset.setExpectedCloseCalls(1);
stmt.close();
connection.close();
replay(datasource, connection, stmt);
```

Esempio di test JDBC 2/2

```
//testa il metodo dao.findByLastname di JdbcPersonDao
        JdbcPersonDao dao = new JdbcPersonDao();
        dao.setDatasource(datasource);
        List<Person> people = dao.findByLastname("Smith");
        assertEquals(smiths, people);
        verify(datasource, connection, stmt);
        resultset.verify();
}
```

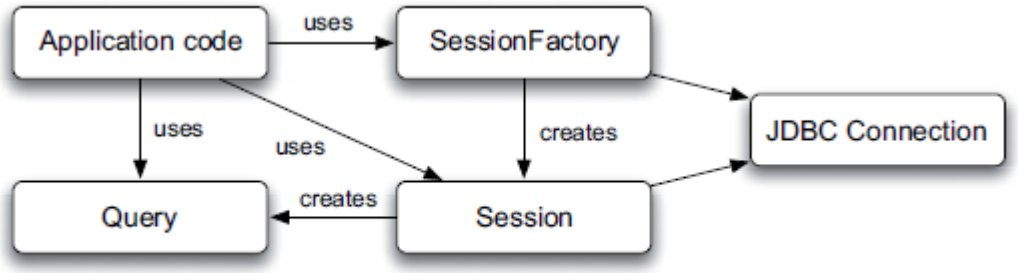
```
private List<Person> createListOfPeopleWithLastname(String lastName) {
//genera la lista di risultati attesi
        List<Person> expected = new ArrayList<Person>();
        expected.add(new Person("Alice", lastName));
        expected.add(new Person("Billy", lastName));
        expected.add(new Person("Clark", lastName));
        return expected;
}

private Object[][] asResultSetArray(List<Person> people) {
//Trasforma  la lista in ResultSet
        Object[][] array = new Object[people.size()][2];
        for (int i = 0; i < array.length; i++) {
          Person person = people.get(i);
          array[i] = new Object[] {
          person.getFirstName(),
          person.getLastName() };
        }
return array;
}
}
```

Lessons learned

- **Datasource, Connection e PrepareStatement sono tutti oggetti mock con metodi stub che servono a collegare tra loro gli oggetti**
- **Anche il risultato della query è un oggetto di una classe importata da com.mockobjects.sql (MockMultiRowResultSet) che imita il risultato di una query**
- **Il metodo replay (statico di EasyMock) può avere come parametri più di un oggetto su cui vengono resi esecutivi i metodi stub dichiarati con expect**
- **Il metodo verify (statico di EasyMock) verifica che tutti gli oggetti mock nominati come parametri siano stati correttamente generati (non siano null) e chiamati**

Hibernate

- Hibernate è un framework (API) che consente di inserire un ulteriore livello di virtualizzazione tra il software (Model nel caso MVC) e il database
- JDBC ad esempio consentiva la virtualizzazione del livello di accesso al database tramite una API che consentiva di interrogare tramite query SQL il database
- Hibernate invece consente di poter agire sui dati anche in forma di astrazioni Object Oriented
  - Hibernate implementa un linguaggio di query specifico: Hibernate Query Language (HQL)
  - Hibernate fornisce tre astrazioni fondamentali:
    - *SessionFactory, che fornisce una façade della sorgente dati;*
    - *Session, che corrisponde ad una connection di JDBC, tramite la quale è possibile fare operazioni CRUD sui dati;*
    - *Query, che consente di fare query più complesse*



Esempio di test per Hibernate

```
import static org.easymock.EasyMock.*;
import static org.junit.Assert.*;
import org.junit.*;
import java.util.*;
import org.hibernate.*;
import org.hibernate.classic.Session;
public class HibernatePersonDaoTest {
private SessionFactory factory;
private Session session;
private Query query;

@Before
public void setUp() {
        //Crea mock per factory, session, query
        factory = createMock(SessionFactory.class);
        session = createMock(Session.class);
        query = createMock(Query.class);
}
```

Si suppone che esista già una classe HibernatePersonDao creata da Hibernate per virtualizzare l'accesso ai dati dell' oggetto Person

```
@Test
public void testFindByLastname() throws Exception {
        String hql = "from Person p where p.lastname = :lastname";
        String name = "Smith";
        List<Person> theSmiths = new ArrayList<Person>();
        theSmiths.add(new Person("Alice", name));
        theSmiths.add(new Person("Billy", name));
        theSmiths.add(new Person("Clark", name));
        // Definisci esiti per ciò che necessita per la creazione di una query
        expect(factory.getCurrentSession()).andReturn(session);
        expect(session.createQuery(hql)).andReturn(query);
        expect(query.setParameter("lastname",name)).andReturn(query);
        expect(query.list()).andReturn(theSmiths);
        replay(factory, session, query);

        //Chiama il metodo da testare (dao.findByLastName) verificando che il risultato
        //sia lo stesso ottenibile con i mock
        HibernatePersonDao dao = new HibernatePersonDao();
        dao.setSessionFactory(factory);
        assertEquals(theSmiths, dao.findByLastname(name));
        verify(factory, session, query);
        }
}
```

Lessons Learned

- **Con hibernate è possibile generare oggetti sui quali è possibile eseguire chiamate analoghe a quelle che si possono fare su di un API di accesso a database (ad esempio JDBC), ma che in realtà vengono assolte da oggetti, senza coinvolgimento di alcun dato persistente**
- **Sono stati creati (col metodo expect) metodi stub di oggetti mock corrispondenti alle classi di hibernate SessionFactory, Session e Query**
- **Viene infine testato il metodo findByLastName col supporto degli stub e dei mock degli oggetti hibernate**
  - In pratica, nel caso di test sono stati virtualizzati gli oggetti virtuali!

Ricapitolando Easy Mock

- **Le principali features di Easy Mock sono :**
  - Creazione dinamica di una classe mock:
    - oggettomock = *createMock(*classe*)*
  - Definizione dinamica di uno stub:
    - *expect(*oggettomock.metododicuicrearestub*.andReturn(*valoredaritornare*)*
  - Messa in funzione di tutti i mock e stub definiti:
    - *Replay(*oggettomock1, oggettomock2, …)
  - Verifica (asserzione) dell'avvenuto corretto utilizzo degli oggetti mock:
    - *Verify (*oggettomock1, oggettomock2, …)

Ulteriori considerazioni

- **Bisogna creare mock corrispondenti a tutti quegli oggetti è metodi da cui il metodo da testare dipende direttamente**
  - E' necessario conoscere nel dettaglio il dependency graph (o ricavarne la parte di interesse dall'analisi del codice del metodo da testare)
    - *Se non creiamo il corretto mock di una classe/metodo dipendente:*
      - **Se non è stato ancora implementato, non possiamo compilare il test →dobbiamo introdurre nuovi mock**
      - **Se è stato già implementato, utilizziamo l'originale**
        - Se l'originale è stato già testato →OK
        - Se l'originale non è stato già testato → l'esito positivo di un test può dipendere sia da un difetto del metodo da testare che da un difetto del metodo originale erroneamente utilizzato al posto di un suo mock

Eclipse Metrics

- **Eclipse Metrics è una estensione di eclipse che verrà utilizzata anche per calcolare automaticamente metriche relative al codice sorgente**
  - Un tutorial completo sul suo utilizzo è all'indirizzo http://metrics.sourceforge.net/
  - La home page del progetto, open source, è all'indirizzo http://sourceforge.net/projects/metrics/

Eclipse Metrics

- **Nell'ambito del testing di integrazione Eclipse metrics consente di:**
  - Disegnare il grafo delle dipendenze di un progetto a partire dal suo codice sorgente
  - Ottenere un ordine topologico dei package, da quelli indipendenti a quelli con maggiore dipendenza
  - Limite: non fornisce indicazioni (nel dependency graph), a livello di classi e metodi