JavaTESK: первое знакомство

version 2.0

Введение

В данном документе рассматривается процесс разработки тестов с использованием инструмента JavaTESK на примере класса, реализующего методы для работы с банковским кредитным счетом.

Перед его прочтением рекомендуется ознакомиться с *JavaTESK Installation Instruction*.

В дальнейшем, класс, для которого разрабатываются тесты, будем называть *целевым классом*, а тестируемые методы данного класса — *целевыми методами*.

Пример состоит из следующих частей:

Описание целевого класса

Для банковского кредитного счета определены два метода: зачисление и снятие денег со счета.
Данные ограничены балансом счета. Также задан максимальный размер кредита, определяющий, на сколько баланс счета может опускаться ниже нуля.

Класс **Account**, реализующий указанные методы, входит в примеры, поставляемые вместе с JavaTESK, и расположен в пакете **jatva.examples.account**.

Данные класса **Account**:

- **public int balance —** текущий баланс счета.
- **static public int maximumCredit** — максимальный размер кредита данного класса.

Интерфейс класса **Account** состоит из следующих методов:

- **Account()** — конструктор, создает банковский кредитный счет с нулевым балансом;
- **void deposit(int sum)** — выполняет зачисление положительной суммы **sum** на счет, увеличивает баланс счета на указанную сумму;
- **int withdraw(int sum)** — выполняет снятие положительной суммы sum со счета, если разница текущего баланса и суммы sum укладывается в допустимый размер кредита, метод возвращает sum, иначе – 0.

Создание проекта в среде разработки

Проект, содержащий целевой класс **Account**, требования к нему и тесты, содержится в поставке JavaTESK, в проекте **account**. Чтобы ознакомиться с ними, импортируйте проект в среду разработки **Eclipse**. Для этого выберите в меню

команду **`File/Import…`** В появившемся диалоге **Import** выберите пункт **`General/Existing Projects into Workspace`**.

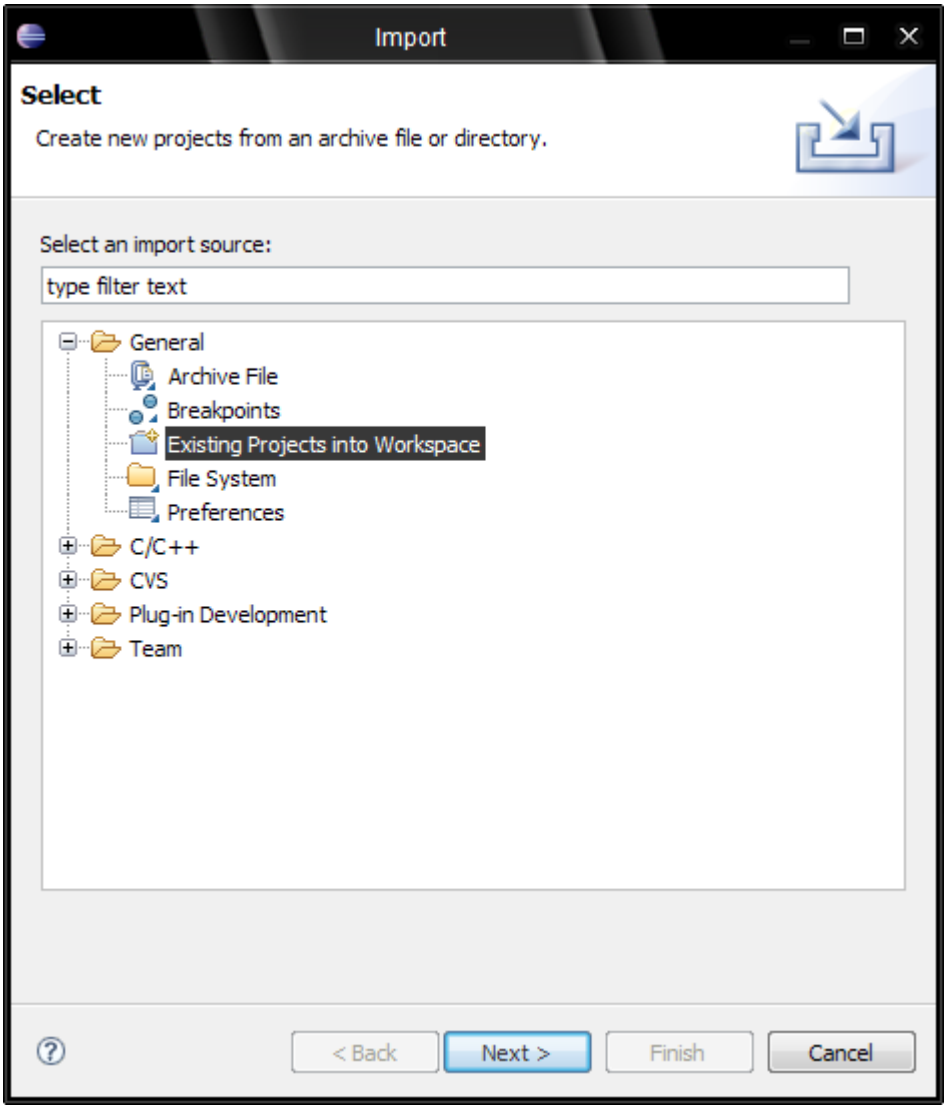


Рисунок 1. Выбор способа добавления файлов примеров в проект.

После нажатия кнопки **Next** диалог **Import** изменится, предлагая выбрать папку с файлами примеров. Нажмите на кнопку **Browse…**, соответствующую полю **Select root directory**.

Папка с файлами примеров находится в каталоге установки JavaTESK: найдя этот каталог, следует развернуть подкаталог **examples** и выбрать в качестве целевого каталога папку **account**. После нажатия кнопки **OK** завершить импорт нажатием **Finish**.

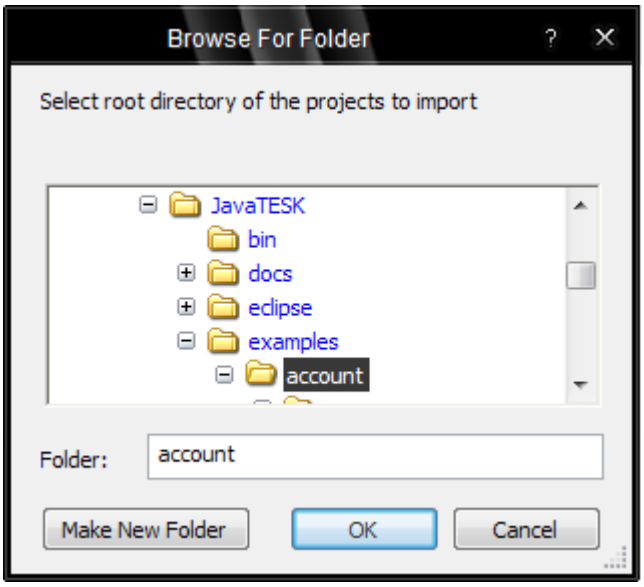


Рисунок 2. Выбор каталога с файлами примеров для импорта.

По нажатию **ОК** среда найдет в этой папке проект **account**. Рекомендуется также отметить опцию **Copy projects into workspace**, чтобы работать с копией проекта, гарантируя неприкосновенность файлов исходных примеров.
По нажатию кнопки **Finish** проект будет импортирован.

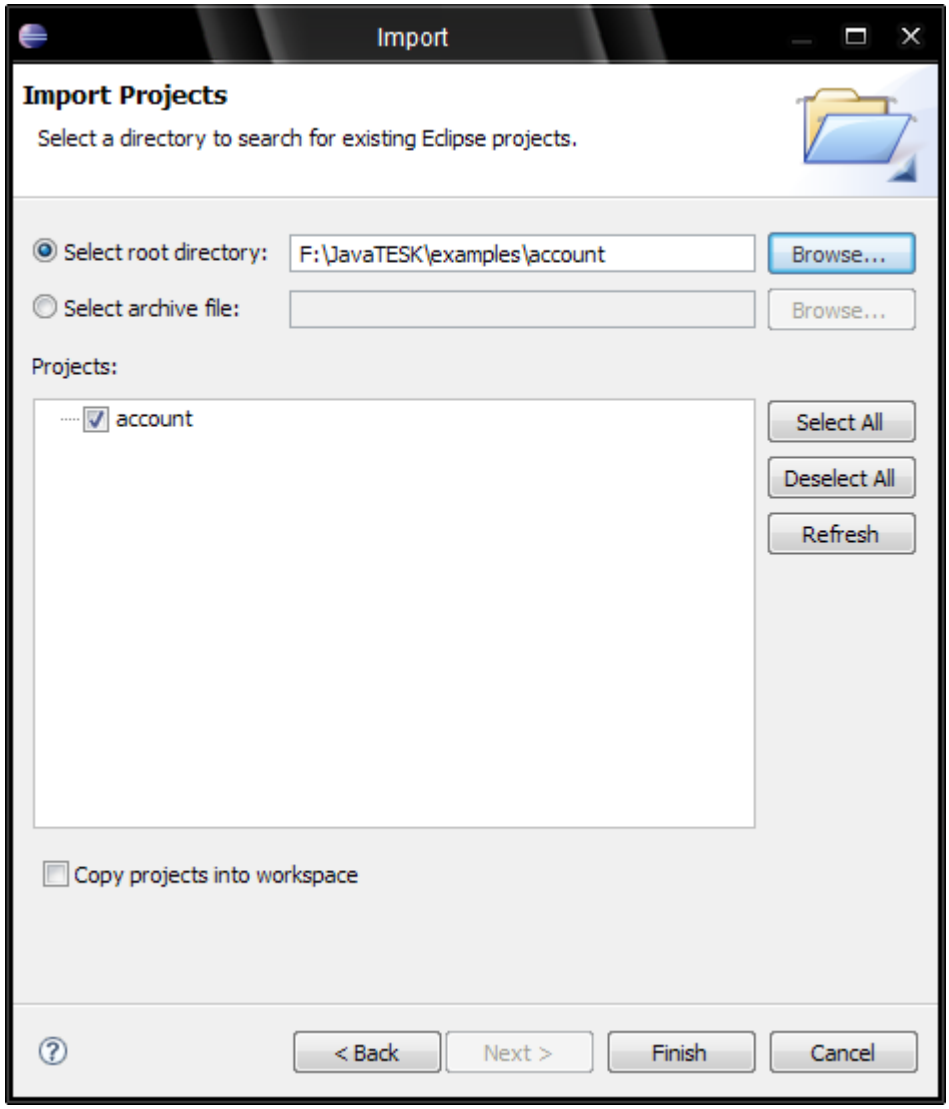


Рисунок 3. Выбор каталога с файлами примеров для импорта.

Проект готов к работе. Убедитесь, что структура каталогов проекта соответствует образцу:

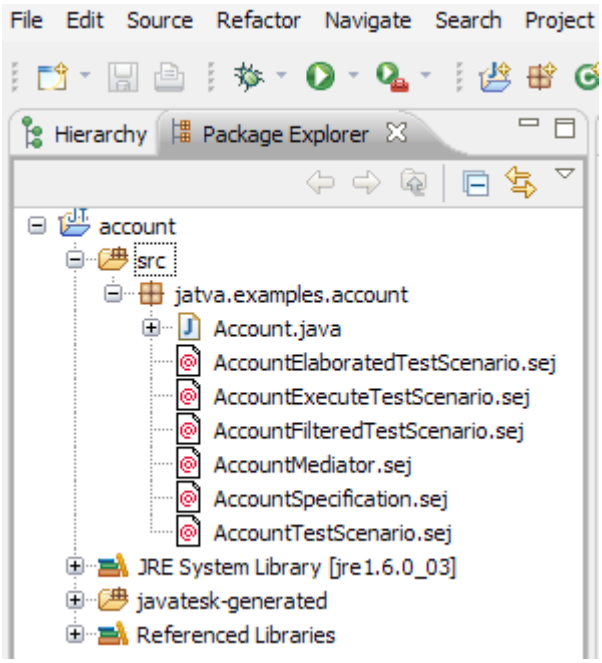


Рисунок 4. Структура каталогов готового проекта.

Спецификация целевого класса

Технология тестирования UniTESK, поддерживаемая JavaTESK, предполагает, что требования к целевому классу записаны в четкой недвусмысленной форме. Такая форма представления требований называется *формальной спецификацией*. Она может использоваться для автоматической генерации *оракулов* — компонентов тестовой системы, проверяющих соответствие между поведением целевых методов и требованиям к ним.

В JavaTESK формальные спецификации пишутся на специальном языке, являющемся расширением языка программирования Java. Данный язык позволяет описывать *функциональные требования*, которые определяют *функциональность* целевых методов, то есть то, что они должны делать.

Спецификации на языке JavaTESK очень похожи на Java код. Они оформляются в виде специальных классов, называемых *спецификационными*, которые располагаются в файлах с расширением **.sej**.

У нас в проекте уже есть готовый спецификационный класс **AccountSpecification**, рассмотрим его код, содержащийся в файле **AccountSpecification.sej**. Чтобы открыть этот файл, дважды кликните по его иконке в окне **Package Explorer**.

```
specification class AccountSpecification
{
  ...
}
```

Спецификационный класс отличается от обычного Java-класса ключевым словом **specification**.

На основе полей целевого класса строится *модель данных*, для хранения которой создаются поля спецификационного класса. В случае класса **Account** соответствие простое, поэтому класс **AccountSpecification** обладает точно такими же полями — **public int balance** для хранения баланса счета и **static public int maximumCredit** для максимального кредита.

Ограничения на поведение целевых методов оформляются как методы спецификационных классов, помеченные модификатором **specification**. Такие методы называются *спецификационными методами*. Обычно спецификационный метод описывает поведение одного целевого метода и имеет такое же имя.

Рассмотрим спецификационный метод **deposit**, описывающий вклад денег на счет:

```
specification void deposit(int sum)
{
  pre {return (0 < sum ) && (balance <= Integer.MAX_VALUE - sum);}
  post
  {
    if(balance > 0)
      mark "Deposit on account with positive balance";
    else if(balance == 0)
      mark "Deposit on empty account";
    else
      mark "Deposit on account with negative balance";

    branch Single;

    return balance == pre balance + sum;
  }
}
```

Тело спецификационного метода, которое описывает поведение целевого метода в форме пред- и постусловий.

Предусловие — это блок, помеченный ключевым словом **pre** и возвращающий результат типа **boolean**, зависящий от входных параметров и состояния объекта спецификационного класса. Предусловие задает область применения спецификационного метода — если предусловие возвращает **true**, при вызове метода можно ожидать от него корректного поведения, в противном случае результат работы метода может быть не определен.

В нашем примере предусловие показывает, что сумма вклада **sum** должна быть положительной, а результат сложения текущего баланса **balance** и суммы вклада **sum** не должен превосходить максимального допустимого значения типа **int**.

Предусловие спецификационного метода может быть опущено, что эквивалентно наличию предусловия, всегда возвращающего **true**:

```
pre { return true; }
```

Постусловие – это блок, помеченный ключевым словом **post** и возвращающий результат типа **boolean**. Постусловие анализирует значение параметров спецификационного метода, его результат, состояние объекта спецификационного класса и показывает, соответствует ли поведение метода ожиданиям.

В нашем примере постусловие показывает, что поведение метода **deposit** корректно, если баланс счета после вызова метода (**balance**) равен балансу счета до вызова метода (**pre balance**), увеличенному на сумму вклада **sum**.

Операторы **branch** и **mark** используются для определения *тестового покрытия*, о котором будет рассказано позже.

Теперь рассмотрим спецификационный метод **withdraw**, описывающий снятие денег со счета:

```
specification int withdraw(int sum)
{
  pre { return sum > 0; }
  post
  {
    if(balance > 0)
      mark "Withdrawal from account with positive balance";
    else if(balance == 0)
      mark "Withdrawal from empty account";

    else
      mark "Withdrawal from account with negative balance";

    if(balance < sum - maximumCredit)
    {
      branch TooLargeSum;

      return     balance == pre balance
              && withdraw == 0
             ;
    }
    else
    {
      branch Normal;

      return     balance == pre balance - sum
              && withdraw == sum
             ;
    }
  }
}
```

Предусловие показывает, что снимаемая сумма **sum** должна быть положительной.

С помощью второго условия **if** постусловие обрабатывает два варианта: когда снятие указанной суммы невозможно (условие выполняется) и когда снятие указанной суммы возможно (условие не выполняется). Постусловие показывает, что в первом случае баланс не должен измениться и метод должен возвратить **0**. Во втором — баланс должен уменьшиться на снятую со счета сумму **sum**; эта сумма должна быть также и возвращаемым значением метода. Для обозначения возвращаемого методом **withdraw** результата используется одноименный идентификатор.

Также язык JavaTESK предоставляет средства для описания ограничений на возможные значения полей спецификационных классов. Такие ограничения называются *инвариантами данных* и оформляются как специальные методы, по-

меченные модификатором **invariant**. Тип возвращаемого результата инварианта — **boolean**.

Для спецификационного класса **AccountSpecification** определен один инвариант данных **I**:

```
invariant I()
{
  return balance >= -maximumCredit;
}
```

Данный инвариант показывает, что баланс не должен быть ниже максимального допустимого кредита.

Приведем полный текст спецификационного класса **AccountSpecification**.

```
package jatva.examples.account;

specification class AccountSpecification
{
  static public int maximumCredit;
  public int balance;

  public AccountSpecification() { }

  invariant I()
  {
    return balance >= -maximumCredit;
  }

  specification void deposit(int sum)
//    reads sum, Integer.MAX_VALUE
//    updates balance
  {
    pre { return (0 < sum ) && (balance <= Integer.MAX_VALUE - sum);
}
    post
    {
      if(balance > 0)
        mark "Deposit on account with positive balance";
      else if(balance == 0)
        mark "Deposit on empty account";
      else
        mark "Deposit on account with negative balance";

      branch Single;

      return balance == pre balance + sum;
    }
  }

  specification int withdraw(int sum)
//    reads sum, maximumCredit
//    updates balance
  {
    pre { return sum > 0; }
    post
    {
      if(balance > 0)
        mark "Withdrawal from account with positive balance";
      else if(balance == 0)
        mark "Withdrawal from empty account";
      else
        mark "Withdrawal from account with negative balance";

      if(balance < sum - maximumCredit)
      {
        branch TooLargeSum;

        return     balance == pre balance
                && withdraw == 0
               ;
      }
      else
      {
```

```
            branch Normal;

            return      balance == pre balance - sum
                    && withdraw == sum
                   ;
        }
    }
  }
}
```

Для того чтобы убедиться в корректности кода спецификационного класса, запустите сборку проекта командой **Project/Build Project** или запустите автоматическую сборку:

1. Вызвав командой **Project/Clean** диалог **Clean**, проставьте маркер **Clean all projects** или, проставив маркер **Clean projects selected below**, отметьте галочкой проект **AccountExample**.
2. Нажмите **OK**.

Если код корректен, окно **Problems** (вызывается командой **Window/Show View/Problems**) останется пустым. Таким образом проверяется весь проект, корректность медиаторов и сценариев можно проверять точно так же.

Разработка медиатора

Теперь у нас есть целевой класс **Account** и спецификационный класс **AccountSpecification**. Для того чтобы дать возможность тесту проверить соответствие между целевым и спецификационным классами, нужна некоторая связка между ними.

Для этой цели используются специальные компоненты тестовой системы, называемые *медиаторами*. Медиаторы оформляются в виде специальных классов, называемых *медиаторными*.

Файл примера **AccountMediator.sej** содержит медиаторный класс **AccountMediator**, который связывает спецификационный класс **AccountSpecification** и целевой класс **Account**. Таким образом, определение медиатора должно каким-то образом включать явные указания на эти классы.

- Спецификационный класс **AccountSpecification**, для которого создается медиатор, обозначается в объявлении медиаторного класса:

  ```
  mediator class AccountMediator implements AccountSpecification
  ```

  Ключевое слово **implements** в Java обозначает реализацию объявляемым классом некоторого интерфейса. Аналогично, в определении медиаторного класса должен присутствовать медиаторный метод для каждого метода спецификационного класса.
  Также медиаторный класс наследует поля спецификационного класса, которые предназначены для хранения тестовой модели данных.

- Целевой класс **Account** обозначается в объявлении специального поля медиаторного класса:

  ```
  implementation Account targetObject = null;
  ```

  Ключевое слово **implementation** говорит о том, что это поле предназначено для хранения тестового объекта целевого класса. К этому объекту и применяются тестовые воздействия.

Итак, спецификационный и целевой классы обозначены. Чтобы результаты тестирования заслуживали доверия, тестовая модель данных (заключенная в унаследованных от спецификационного класса полях) и данные тестируемого объекта (заключенные в полях целевого класса) должны строго соответствовать друг другу. Для этого в медиаторе предусмотрен блок синхронизации **update**, синхронизирующий поля медиатора с текущим состоянием объекта целевого класса. Эта синхронизация и должна гарантировать то, что поведение целевого класса и его спецификационной модели вызвано одними и теми же исходными данными. Рассмотрим блок **updates** медиаторного класса **AccountMediator**:

```
update
  {
    maximumCredit = Account.maximumCredit;
    if( targetObject != null )
    {
      balance = targetObject.balance;
    }
  }
```

Так как поля целевого класса — стековые переменные, синхронизация достаточно проста, полям медиатора присваиваются значения соответствующих полей объекта целевого класса. В более запутанных случаях, например, при синхронизации полей, содержащих объекты других классов или структуры данных, реализация блока **update** может значительно усложниться.

Синхронизация данных необходима для проверки результатов работы методов целевого класса. Вызов этих методов также выполняется медиатором, с помощью медиаторных методов. Рассмотрим медиаторный метод **deposit**:

```
mediator void deposit( int sum )
{
  implementation
  {
    targetObject.deposit( sum );
  }
}
```

Объявление метода предварено ключевым словом **mediator**. Ключевое слово **implementation** в данном случае обозначает блок вызова целевого метода.

Метод **deposit** ничего не возвращает, но принимает один параметр. При необходимости (если параметры обладают сложным внутренним устройством, которое отлично для спецификационного и целевого класса), медиаторный метод может содержать код, преобразующий передаваемые параметры в вид, приемлемый для вызываемого метода.

Значение, возвращаемое целевым методом, аналогично обработке параметров, может преобразоваться в вид, приемлемый для спецификационного метода. Так как вызов происходит в блоке **implementation**, код преобразования должен находиться внутри этого блока. Результат преобразования возвращается в спецификационный метод оператором **return** также в блоке **implementation**.

Код медиаторного метода **withdraw**:

```
mediator int withdraw( int sum )
{
  implementation
  {
    return targetObject.withdraw( sum );
  }
}
```

Приведем полный текст медиаторного класса **AccountMediator**.

```
package jatva.examples.account;

mediator class AccountMediator implements AccountSpecification
{
  mediator void deposit( int sum )
  {
    implementation
    {
      targetObject.deposit( sum );
    }
  }

  mediator int withdraw( int sum )
  {
    implementation
    {
      return targetObject.withdraw( sum );
    }
  }

  implementation Account targetObject = null;

  update
  {
    maximumCredit = Account.maximumCredit;
    if( targetObject != null )
    {
      balance = targetObject.balance;
    }
  }
}
```

Разработка тестового сценария

Тестовые сценарии разрабатываются для достижения некоторой цели тестирования. Обычно такая цель формулируется в терминах тестового покрытия, например, требуется достичь покрытия 70% строк исходного кода целевого класса. В JavaTESK критерий покрытия описывается в терминах покрытия спецификации.

Предположим, наша цель – достичь 100% покрытия ветвей функциональности спецификационного класса **AccountSpecification**. Это означает, что мы должны выполнить набор тестов, покрывающих все ветви функциональности, определенные в постусловиях спецификационных методов данного класса с помощью операторов **branch**.
Выделены следующие ветви:

- **Single**
- **TooLargeSum**
- **Normal**

Тестовые сценарии оформляются в виде специальных классов, называемых *сценарными*. В проекте примера тестовый сценарий содержится в файле **AccountTestScenario.sej**.

Определение сценарного класса должно содержать ключевое слово **scenario**:

```
scenario class AccountTestScenario
```

Сценарный класс содержит объект спецификационного класса, чьи методы будут вызываться в процессе тестирования:

```
protected AccountSpecification objectUnderTest;
```

Указание целевого класса и медиатора происходят в конструкторе класса **AccountTestScenario**: в нашем примере для этого предназначен метод **configureMediators**, возвращающий инициализационное значение для поля **objectUnderTest**:

```
public AccountTestScenario()
{
  objectUnderTest = configureMediators();
  setTestEngine( new DFSMExplorer() );
}

public static AccountSpecification configureMediators()
{
  AccountSpecification result = mediator AccountMediator
                                ( targetObject = new Account() );
  result.attachOracle();
  return result;
}
```

Ключевое слово **mediator** служит в данном случае для создания объекта медиаторного класса. Отличие от ключевого слова **new** состоит в том, что перед созданием объекта происходит проверка: если медиатор типа **AccountMediator**, инициализированный объектом класса **Account**, уже присутствует, то новый медиатор не создается, а используется старый.

Вызовы методов объекта **objectUnderTest** называются *тестовыми воздействиями* и производятся в *сценарных методах*. Рассмотрим метод **deposit**:

```
scenario deposit()
{
  if(objectUnderTest.balance < maxBalance)
  {
    objectUnderTest.deposit( 1 );
  }
  return true;
```

```
}
```

Чтобы ограничить число тестовых воздействий, для баланса счета введен некоторый максимум (поле **maxBalance**). Предполагается, что метод **deposit** при каждом вызове увеличивает баланс на 1, таким образом, конечное число вызовов должно привести к достижению установленного максимума.

В сценарном методе **withdraw** происходит перебор параметров:

```
scenario withdraw()
{
  iterate( int i = 1; i < maxCredit+3; i++; )
  {
    objectUnderTest.withdraw( i );
  }
  return true;
}
```

Обычные циклы работают до тех пор, пока не нарушится некоторое внутреннее условие. Оператор **iterate** аналогичен циклу, с тем отличием, что при каждом вызове сценарного метода, в котором заключен оператор, выполняется только одна итерация цикла.

Таким образом, оператор **iterate** позволяет ограничивать каждый вызов сценарного метода единственным тестовым воздействием, одновременно задавая параметры множества таких воздействий в коде одного и того же сценарного метода.

После того, как определен объект тестирования и сценарные методы, в метод **main** нужно включить инструкции, запускающие тест:

```
AccountTestScenario myScenario = new AccountTestScenario();     my-
Scenario.run();
```

Приведем полный текст сценарного класса **AccountTestScenario**.

```
package jatva.examples.account;

import jatva.engines.DFSMExplorer;

scenario class AccountTestScenario
{
  public static AccountSpecification configureMediators()
  {
    AccountSpecification result = mediator AccountMediator( targetOb-
ject = new Account() );
    result.attachOracle();
    return result;
  }

  int maxCredit = 3;
  int maxBalance = 10;

  public static void main( String[] args )
  {
      jatva.tracer.Tracer.getPrototype().setXmlFormat();
    AccountTestScenario myScenario = new AccountTestScenario();

    if(args.length > 0)
    {
      int n = Integer.parseInt(args[0]);
      if(n < 1) n = 1;
      myScenario.maxBalance = n;

      if(args.length > 1)
      {
        n = Integer.parseInt(args[1]);
        if(n < 0) n = 0;
        myScenario.maxCredit = n;
        Account.maximumCredit = n;
      }
    }

    myScenario.run();
  }

  protected AccountSpecification objectUnderTest;

  public AccountTestScenario()
  {
    objectUnderTest = configureMediators();
    setTestEngine( new DFSMExplorer() );
  }

  state
  {
    return new Integer( objectUnderTest.balance );
  }

  scenario deposit()
  {
    if(objectUnderTest.balance < maxBalance)
    {
      objectUnderTest.deposit( 1 );
    }
```

```
    return true;
  }

  scenario withdraw()
  {
    iterate( int i = 1; i < maxCredit+3; i++; )
    {
      objectUnderTest.withdraw( i );
    }
    return true;
  }
}
```

Выполнение тестов и анализ результатов

Для запуска тестового сценария нужно выбрать соответствующий файл в окне **Package Explorer** и нажать сочетание клавиш **`Ctrl+F11`**, кликнуть на нем правой кнопкой, и выбрать элемент контекстного меню **`Run As/JavaTESK Test`**.

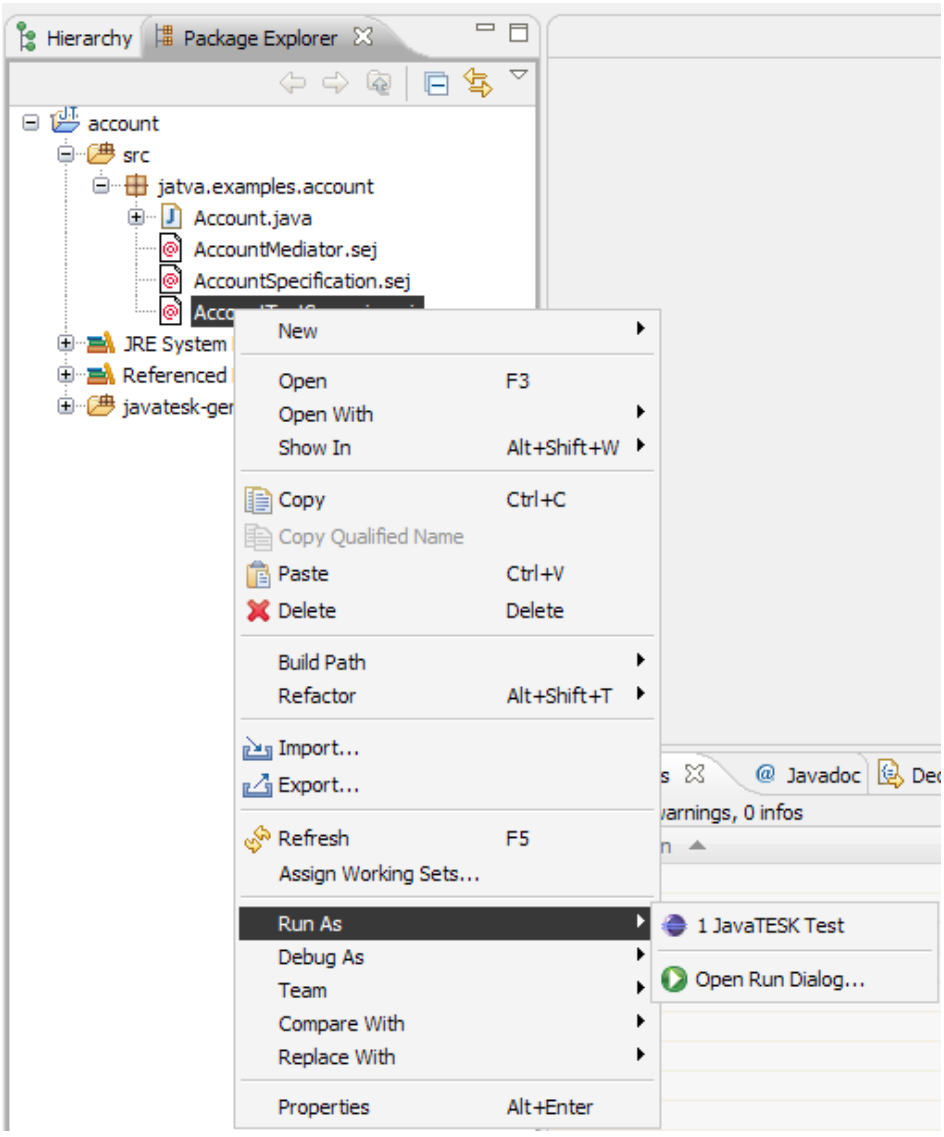


Рисунок 5. Запуск сценарного класса AccountTestScenario.

В случае успешного выполнения теста создается *файл трассы*, имеющий расширение .**utt**. Его имя состоит из имени сценарного класса и номера трассы, разделенных точкой. Файл трассы появляется в проекте на том же уровне иерархии, что и выполненный сценарий.

Убедитесь, что файл трассы создан и вкладка окна **Package Explorer** выглядит как показано на рисунке.

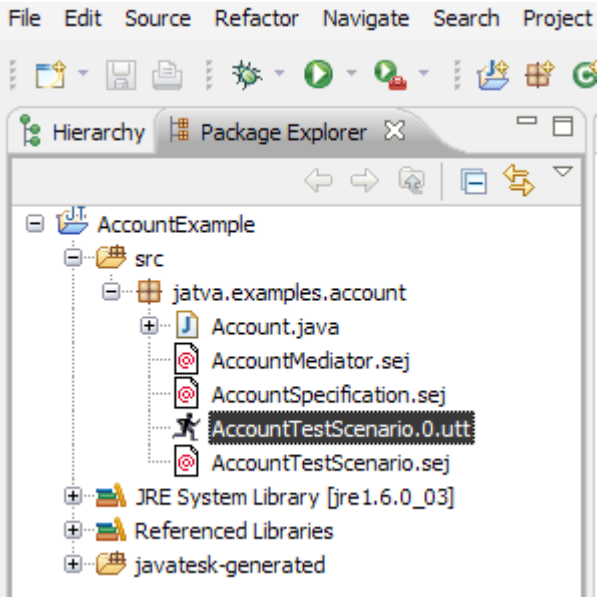


Рисунок 6. Файл трассы после запуска сценария AccountTestScenario.

Файл трассы содержит исходную информацию для генерации отчетов о проведенном тестировании.

Отчеты предоставляют пользователю информацию об обнаруженных в процессе тестирования ошибках и уровне достигнутого тестового покрытия.

JavaTESK поддерживает два вида отчетов:

- *HTML отчеты*
- *Представления трассы*

HTML отчет

HTML отчет представляет собой набор HTML документов, содержащих информацию о проведенном тестировании.

Для генерации HTML отчета нужно кликнуть в окне **Package Explorer** правой кнопкой мыши на соответствующем файле трассы, затем выбрать команду **`Generate Report`**.

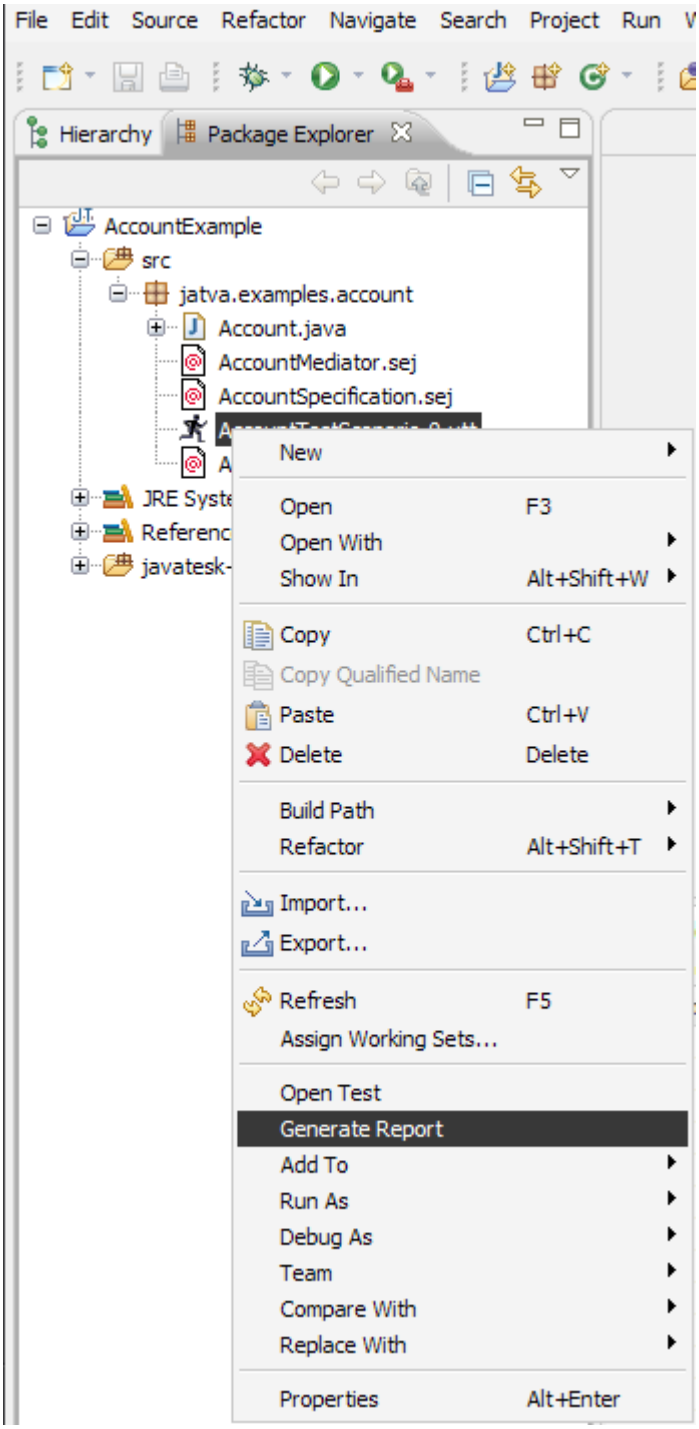


Рисунок 7. Генерация HTML отчета.

Будет открыт диалог **Generate UniTESK Report**, предназначенный для настройки HTML отчетов. Вкладка **Generate** содержит параметры генерации файлов, тогда как вкладка **Report** позволяет настроить содержание отчета.
Для просмотра отчета во внешнем браузере нужно отметить галочку **Use external browser to view report**.

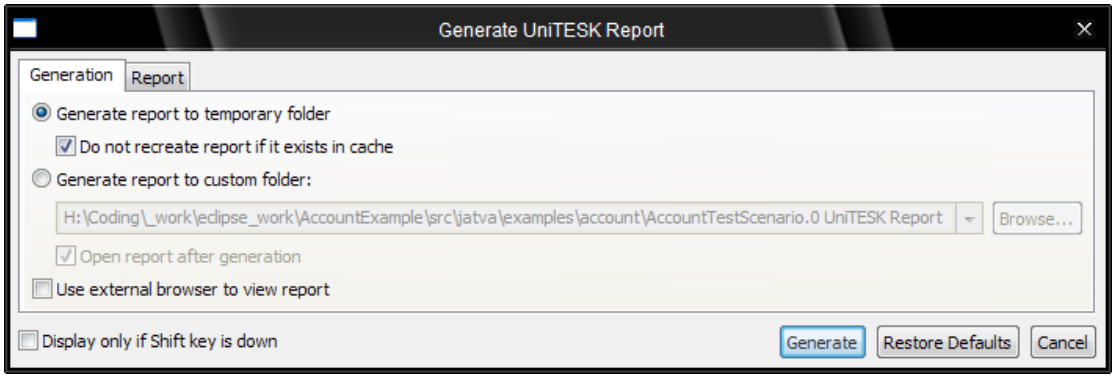


Рисунок 8. Настройка генерации HTML отчета.

Таблица на странице **Overview** представляет информацию о полноте покрытия участвовавших в тесте пакетов и пространств имен. Предусмотрены следующие столбцы:

- **`branches`** — уровень покрытия ветвей функциональности
- **`marks`** — уровень покрытия помеченных путей
- **`predicates`** — уровень покрытия предикатов
- **`disjuncts`** — уровень покрытия дизъюнктов
- **`states/transitions`** — количество состояний/количество переходов между состояниями

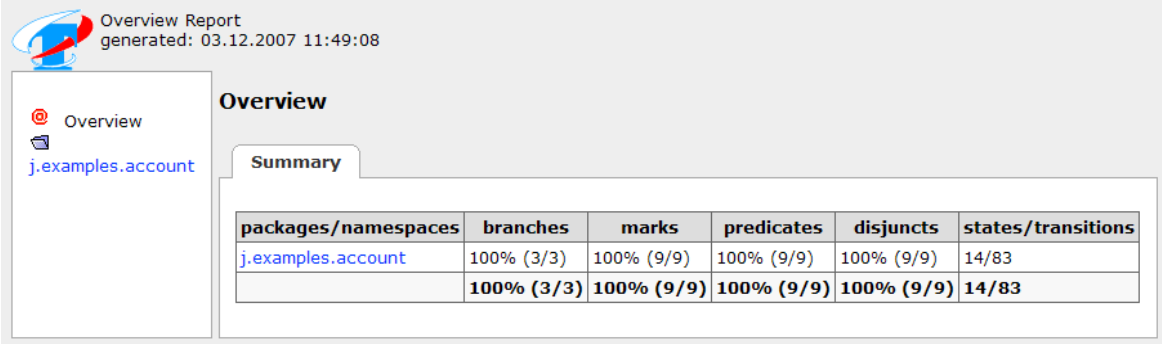


Рисунок 9. Страница Overview HTML отчета.

Для получения информации о результатах тестирования класса Account, выберите элемент меню **j.examples.account**. Информация из таблицы **Overview** будет разделена между таблицами **scenarios** и **specifications**: количества состояний — характеристики сценария, а показатели покрытий — характеристики спецификаций.

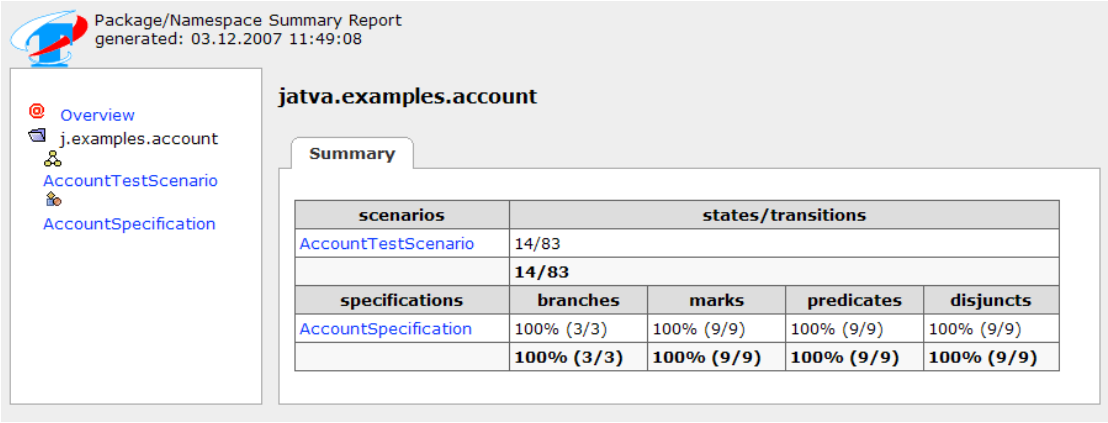


Рисунок 10. Страница сводной информации о результатах тестирования.

Подэлемент меню **AccountTestScenario** открывает таблицу **Scenario Transitions Report**, в которой перечислены все переходы между состояниями тестовой модели, со следующими характеристиками:

- **`states`** — начальные состояния (до перехода). Переходы группируются по этому параметру — между группами границы ячеек таблиц двойные.
- **`transitions`** — методы, вызвавшие переход и значения итерационных переменных операторов **iterate**, использованные при вызове
- **`end states`** — конечные состояния (после перехода)
- **`hits/fails`** — количество переходов, совершенных описанным образом/количество ошибок, обнаруженных при переходах

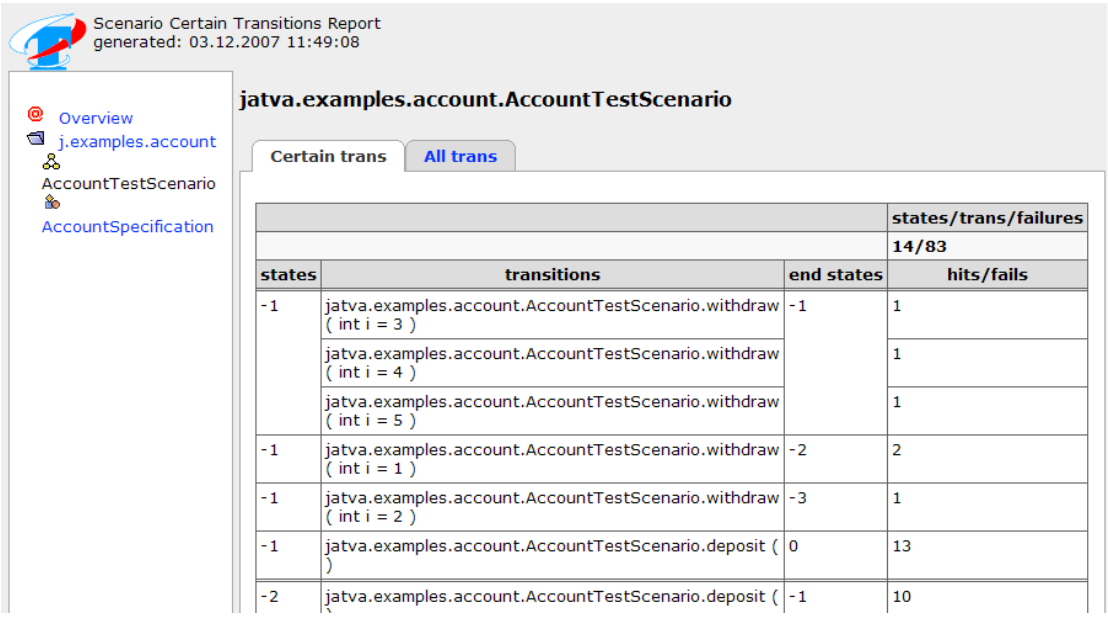
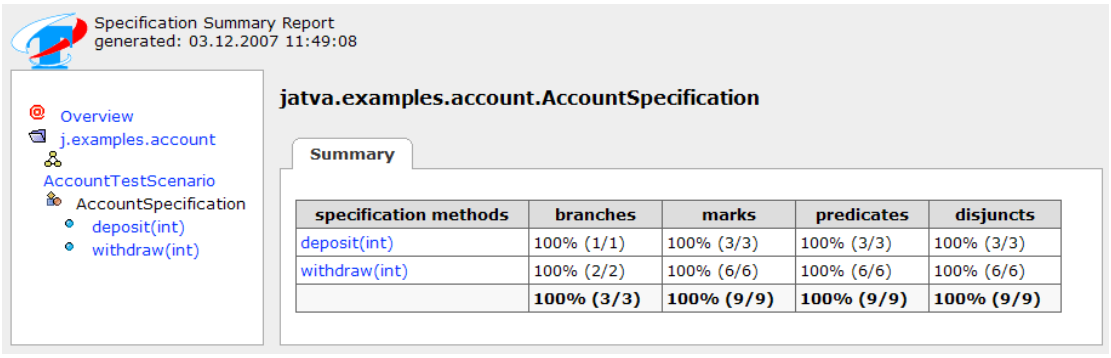


Рисунок 11. Страница с данными о сценарных переходах HTML отчета.

Подэлемент меню **AccountSpecification** открывает таблицу **Specification Summary Report**, в которой параметры покрытия детализированы для каждого спецификационного метода:



Specification Summary Report
generated: 03.12.2007 11:49:08

Overview
j.examples.account
AccountTestScenario
AccountSpecification
deposit(int)
withdraw(int)

jatva.examples.account.AccountSpecification

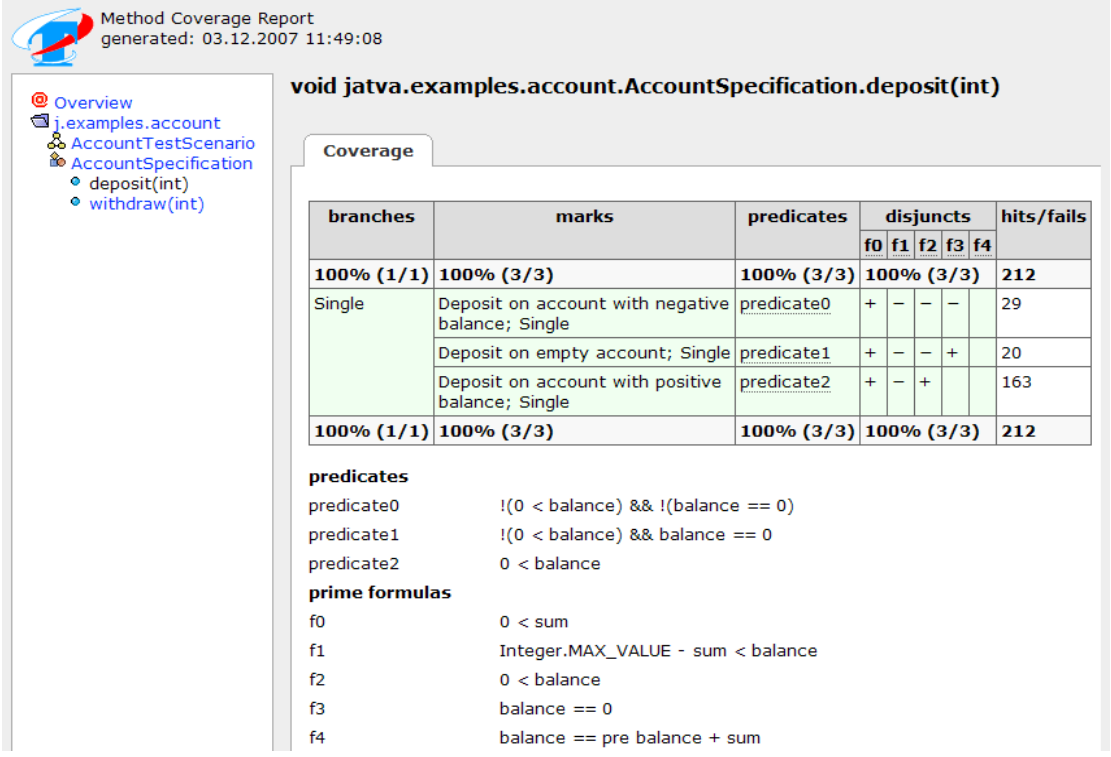
Summary

specification methods	branches	marks	predicates	disjuncts
deposit(int)	100% (1/1)	100% (3/3)	100% (3/3)	100% (3/3)
withdraw(int)	100% (2/2)	100% (6/6)	100% (6/6)	100% (6/6)
	100% (3/3)	**100% (9/9)**	**100% (9/9)**	**100% (9/9)**

Рисунок 12. Сводная таблица покрытия спецификационных методов.

По клику на любом из методов будет открыта расширенная таблица покрытия:

- **`branches`** — покрытые ветви (в коде спецификационного метода обозначены ключевым словом **branch**)
- **`marks`** — метки вариантов прохода ветви (обозначены ключевым словом **mark**)
- **`predicates`** — условия, которым соотвествуют метки **mark** той же строки таблицы
- **`disjuncts`** — логические значения элементов пред- и постусловий, соответствующие варианту прохода ветви
- **`hits/fails`** — количество проходов, произведенных по данной ветви и количество ошибок, обнаруженных при этих проходах



Method Coverage Report
generated: 03.12.2007 11:49:08

Overview
j.examples.account
AccountTestScenario
AccountSpecification
deposit(int)
withdraw(int)

void jatva.examples.account.AccountSpecification.deposit(int)

Coverage

branches	marks	predicates	disjuncts					hits/fails
			f0	f1	f2	f3	f4	
100% (1/1)	**100% (3/3)**	**100% (3/3)**	**100% (3/3)**					**212**
Single	Deposit on account with negative balance; Single	predicate0	+	−	−	−		29
	Deposit on empty account; Single	predicate1	+	−	−	+		20
	Deposit on account with positive balance; Single	predicate2	+	−	+			163
100% (1/1)	**100% (3/3)**	**100% (3/3)**	**100% (3/3)**					**212**

predicates

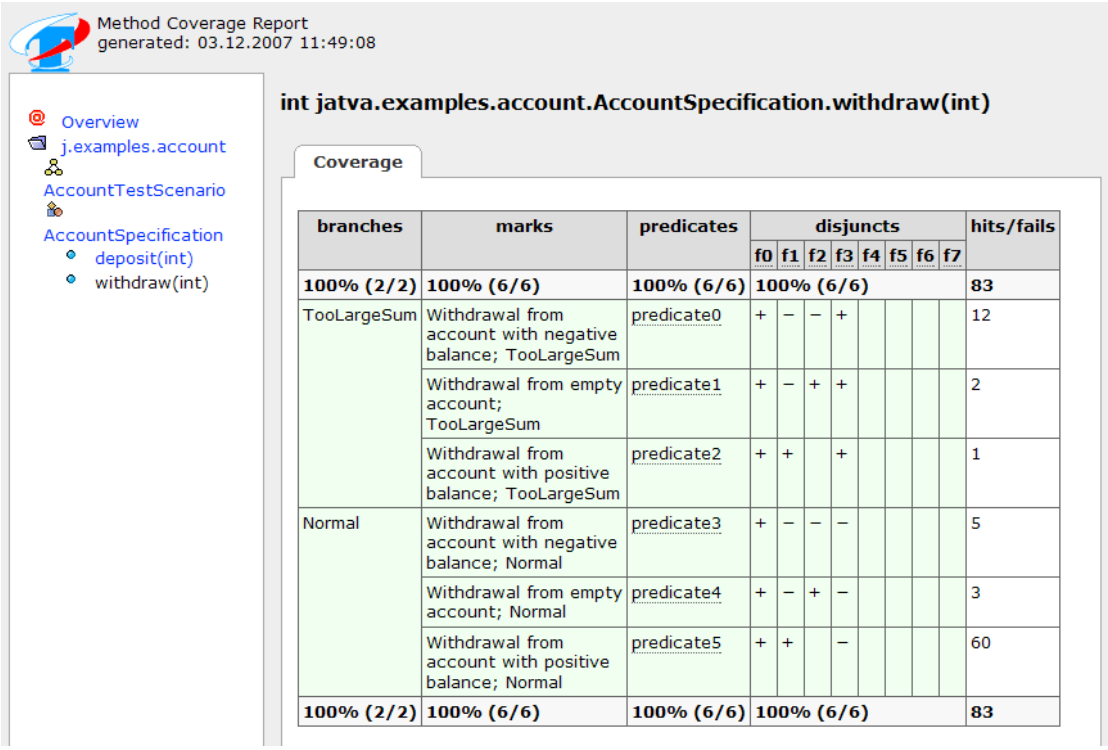
predicate0	!(0 < balance) && !(balance == 0)
predicate1	!(0 < balance) && balance == 0
predicate2	0 < balance

prime formulas

f0	0 < sum
f1	Integer.MAX_VALUE - sum < balance
f2	0 < balance
f3	balance == 0
f4	balance == pre balance + sum

Рисунок 13. Таблица с результатами тестирования спецификационного метода deposit.

Аналогичная таблица для метода **withdraw**; варианты, принадлежащие разным ветвям **branch** группируются соответственно.



Method Coverage Report
generated: 03.12.2007 11:49:08

Overview
j.examples.account
AccountTestScenario
AccountSpecification
deposit(int)
withdraw(int)

int jatva.examples.account.AccountSpecification.withdraw(int)

Coverage

branches	marks	predicates	disjuncts								hits/fails
			f0	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	
100% (2/2)	**100% (6/6)**	**100% (6/6)**	**100% (6/6)**								**83**
TooLargeSum	Withdrawal from account with negative balance; TooLargeSum	predicate0	+	–	–	+					12
	Withdrawal from empty account; TooLargeSum	predicate1	+	–	+	+					2
	Withdrawal from account with positive balance; TooLargeSum	predicate2	+	+		+					1
Normal	Withdrawal from account with negative balance; Normal	predicate3	+	–	–	–					5
	Withdrawal from empty account; Normal	predicate4	+	–	+	–					3
	Withdrawal from account with positive balance; Normal	predicate5	+	+		–					60
100% (2/2)	**100% (6/6)**	**100% (6/6)**	**100% (6/6)**								**83**

Рисунок 14. Таблица с результатами тестирования спецификационного метода withdraw.

Заметим, что данные отчета свидетельствуют о полном покрытии целевой функциональности: все намеченные варианты поведения были корректно протестированы.

Представления трассы

JavaTESK поддерживает четыре вида представления трассы:

- **XML** (*XML представление*) – представление трассы в формате XML, текстовый файл, генерируемый тестовой средой
- **Structure** (*структурное представление*) – представление трассы в виде дерева из структурных элементов трассы
- **MSC** (*MSC представление*) – представление трассы в виде MSC (*Message Sequence Charts*) диаграммы
- **FSM Model** (*представление в виде автомата*) – представление одного из выполнявшихся в тесте сценария в виде графа состояний и переходов конечного автомата

В IDE **Eclipse** встроена возможность просмотра всех четырех видов представления: по двойному клику открывается представление по умолчанию (**FSM**), а переключение между представлениями осуществляется с помощью закладок в нижней части окна.

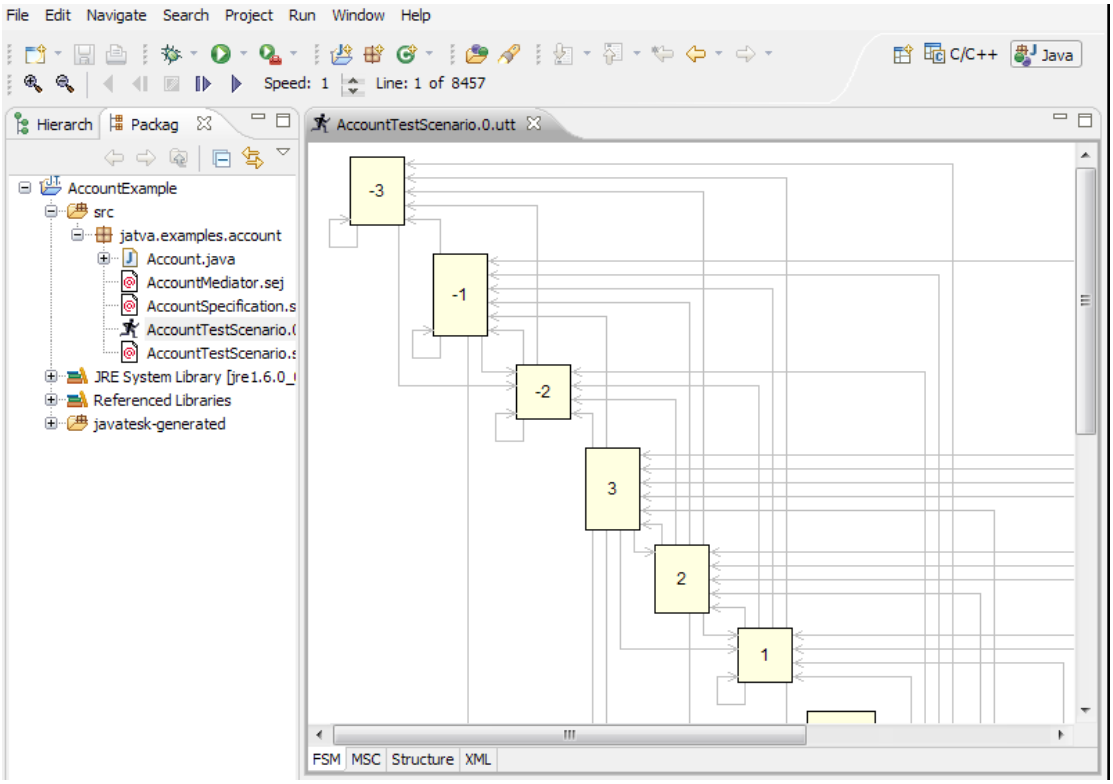


Рисунок 15. FSM-представление трассы.

В данном представлении трасса показана в виде графа состояний конечного автомата, заданного в сценарном классе **AccountTestScenario**. Подробности о переходе можно узнать, кликнув на стрелке, которая его обозначает. Линия будет выделена цветом, а под стрелкой будет выведно полное имя сценарного метода и соответствующие переходу значения итерационных переменных.

JavaTESK предоставляет возможность проигрывания представления трассы как вперед, так и назад. По умолчанию при нажатии кнопки **Play Forward** воспроизведение работы автомата начнется с начального состояния; если же перед запуском выделить кликом мыши некоторое состояние или стрелку, направленную на него, то воспроизведение начнется с этого места. Текущие состояния и переходы выделяются цветом.

Задание скорости воспроизведения производится с помощью счетчика **Speed**. Остальные кнопки управления действуют соответственно иконкам: позволяют проигрывать запись в обратном направлении, останавливать воспроизведение до окончания работы автомата и просматривать запись пошагово в обоих направлениях.

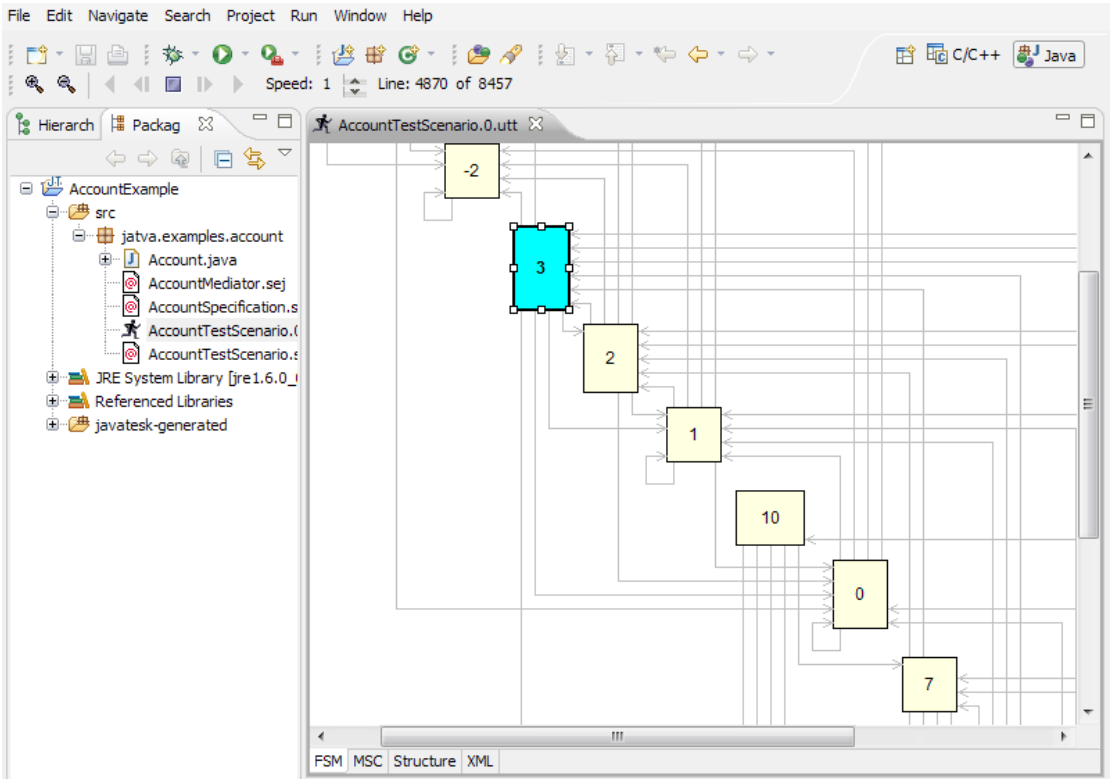


Рисунок 16. FSM-представление трассы в режиме воспроизведения.

Активировав вкладку **XML**, можно увидеть XML представление трассы. В данном представлении трасса показана такой, как она хранится в файле с расширением **.utt**.

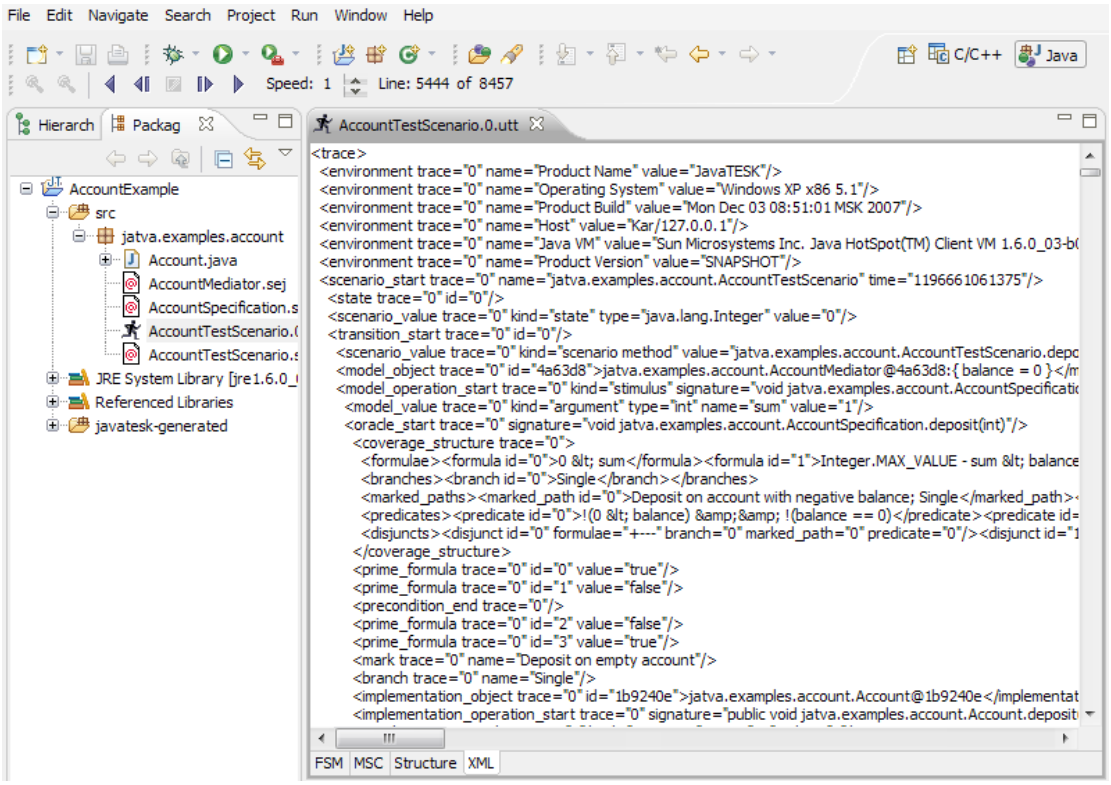


Рисунок 17. XML представление трассы.

Для просмотра структурного представления трассы перейдите на вкладку **`Structure`**. Трасса в нем представлена в виде дерева из структурных элементов.

В корне дерева находится узел **`Trace`**, соответствующий выбранному файлу трассы. Его потомками являются узлы **`Thread`**, описывающие потоки, создаваемые тестом. В нашем примере создается один поток с идентификатором **0**. Его потомками являются узлы **`Scenario`**, описывающие сценарные классы, запущенные в данном потоке. В нашем примере это единственный сценарный класс **AccountTestScenario**. Его потомками являются узлы **`State`**, описывающие состояния конечного автомата, перечисленные в порядке их обхода в процессе тестирования. Для каждого состояния указан его идентификатор и переход **`Transition`**. Переход характеризуется сценарным методом (**jatva.examples.account.AccountTestScenario.deposit**) и моделью целевого класса **`Model`**, в которой указан спецификационный метод (**jatva.examples.account.AccountSpecification.deposit(int)**) и узел **`Oracle`**, содержащий выполняемые оракулом проверки.

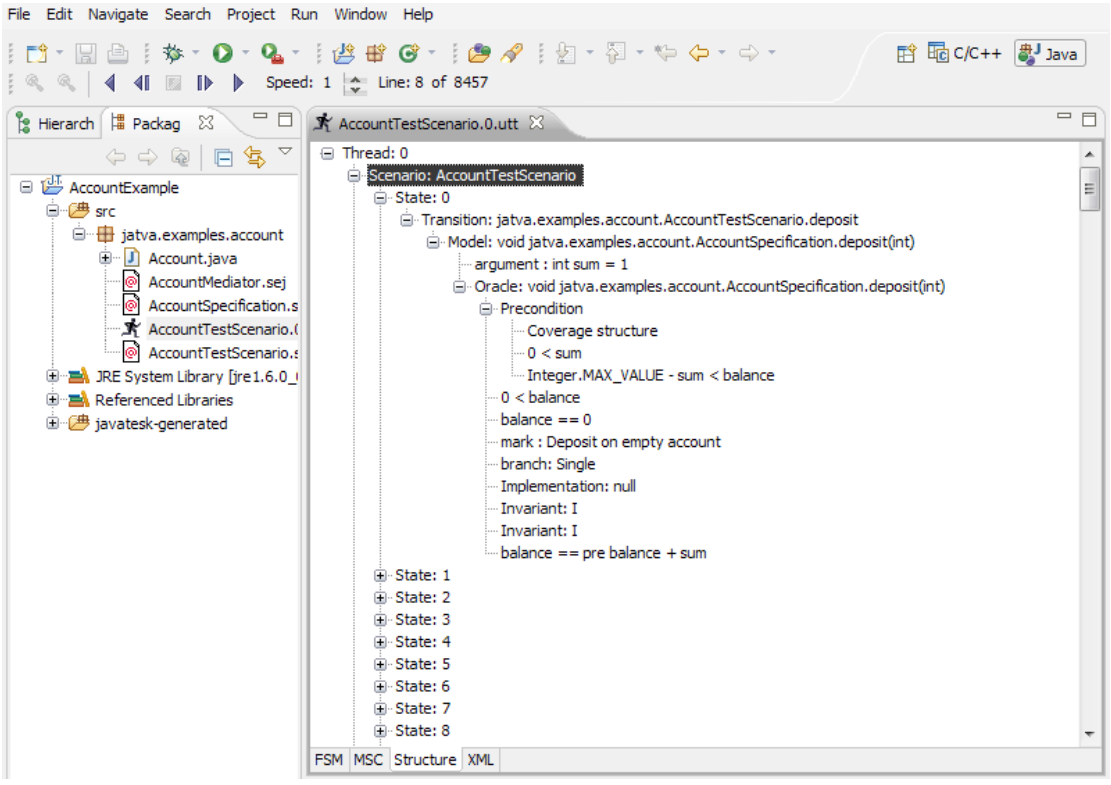


Рисунок 18. Структурное представление трассы.

Для просмотра трассы в виде MSC диаграммы, перейдите на вкладку **MSC**. Сообщениями на диаграмме являются вызовы сценарных и спецификационных методов, а также вердикт о правильности поведения объекта целевого класса.

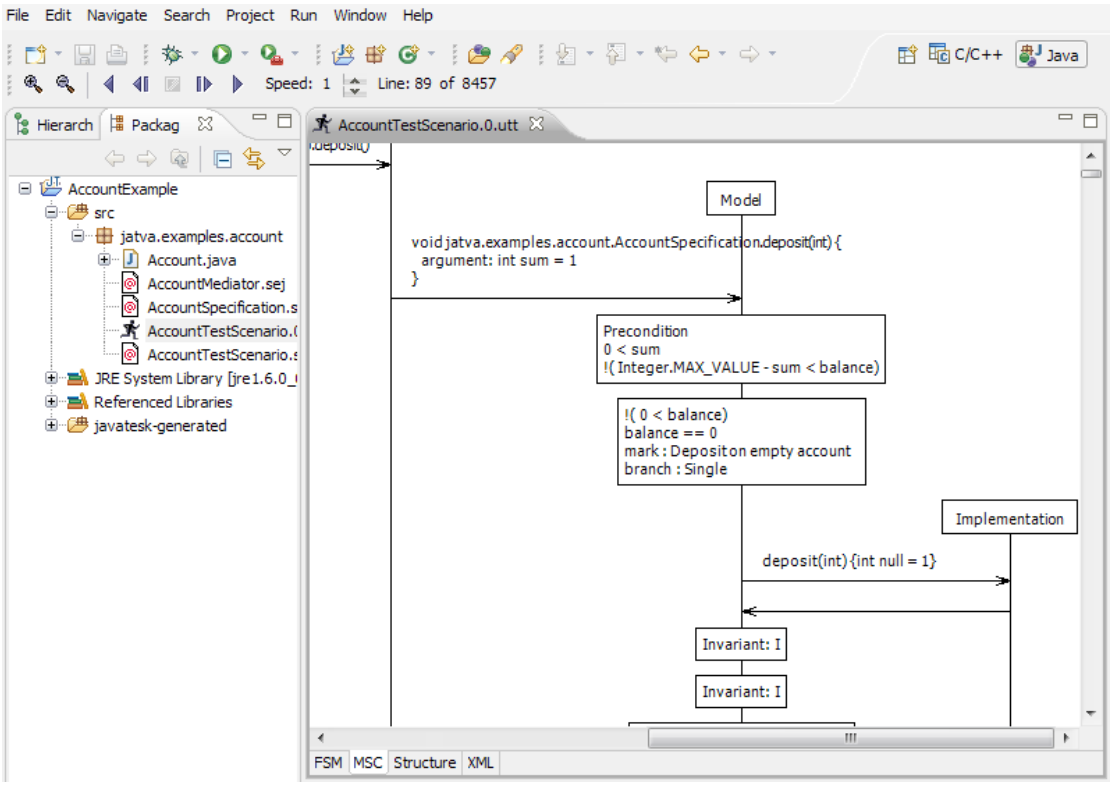


Рисунок 19. MSC представление трассы.