Objektumorientált programozás

Unit tesztelés

Goldschmidt Balázs

balage@iit.bme.hu

Unit tesztek

- Verifikáció és validáció több szinten is történik
  - rendszerteszt
  - integrációs teszt
  - egységteszt (unit teszt)
  - stb.
- Egy implementációs egység tesztelése a *unit* teszt
  - OO környezetben a unit tipikusan az osztály/objektum
- Automatizálás és megismételhetőség fontos
  - regressziós tesztelés

Unit tesztek

- A szoftver egy kis részét teszteljük
  - Egy osztály vagy metódus
  - Minden nem-triviális metódushoz
- Tesztek legyenek függetlenek
  - Nincs állapotuk
  - Ne hasson az egyik eredménye a másikra
- Fejlesztő és tesztelő legyen különböző személy
  - szerencsés, ha külön csoportok végzik

Tesztelés – klasszikusan

- Code review (statikus tesztelés)
  - Hasznos, ha betartjuk a kódolási szabályokat
  - Nem mindig elég
- Manuális tesztelés
  - Tesztelő alkalmazást kell írni
  - Egyszerű
  - Karbantarthatatlanná válik
    - Nem szervezett, rendezett
    - Eredmények nem koherensek

Tesztelés – kézzel

- System.out.println()
  - Szegény ember debuggere ☺
  - Egyszerűen megvalósítható
  - Minden tele lesz kiíratással
    - hogyan kapcsoljuk ki?
  - A kimenet tipikusan olvashatatlan egy idő után
  - Kézi beavatkozás lehet szükséges

Tesztelés – kézzel

- Debugger használatával
  - IDE támogatás
    - változók, állapot követésére
  - Lassú
  - Körülményes, ha többszálú alkalmazásunk van
  - Minden módosítás után újra kell végezni
  - Emberi közreműködést igényel

Tesztelő környezetek

- *X*Unit sok nyelvre és környezetre elérhető
  - CppUnit (C++)
  - unittest (python)
  - stb.
- JUnit
  - open source Java tesztelő keretrendszer
  - JAR fájlként is elérhető
  - a tesztek Java-ban készülnek
  - IDE adhat beépített támogatást (pl. Eclipse)
    - külön ablakok, perspektívák, stb.

JUnit tulajdonságai

- *Assertion*-ök az eredmények kiértékeléséhez
  - szabványos módon leírt elvárások
  - valós és elvárt eredmény összehasonlítása
- *Test fixture*-ök tesztek közös adataihoz
  - a közös részeket ki lehet emelni
- *Test runner* megoldások a teszt lefuttatásához
  - automatizálás könnyen előállítható
  - regresszió kényelmesen
    - minden teszt újrafuttatható egy gombnyomásra

JUnit példa: Fraction

```
public class Fraction {
  private int num, den;

  public Fraction(int p, int q) { num = p; den = q; }

  public int getNum() { return num; }
  public int getDen() { return den; }
  public double doubleValue() { return 1.0*num/den; }

  public Fraction add(Fraction f) {
    int d = den*f.den, n = num*f.den+f.num*den;
    return new Fraction(n,d);
  }
  public Fraction mult(Fraction f) {
    int d = den*f.den, n = num*f.num;
    return new Fraction(n,d);
  }
}
```

Példa teszt

- Naív megoldással
  - Objektumok létrehozása – inicializálás, fixture
  - Metódusaik meghívása (működtetés)
  - Elért állapotot ellenőrzése

```
public class MyTest {
  public static void main(String[] args) {
    Fraction f1 = new Fraction(5,2);
    Fraction f2 = new Fraction(3,2);
    f1 = f1.add(f2);
    if (f1.getNum()!=8 || f1.getDen!=2)
      System.out.println("add f1 failed");
    if (f2.getNum()!=3 || f1.getDen!=2)
      System.out.println("add f2 failed");
}}
```

Működ-tetés

Inicializálás

Ellenőrzés

Példa JUnit teszt

```
public class MyFractTest {
    Fraction f1, f2;
    @Before
    public void setUp() {
      f1 = new Fraction(5,2);
      f2 = new Fraction(3,2);
    }
    @Test
    public void testAdd() {
      f1 = f1.add(f2);
      assertEquals("add f1.num", 8, f1.getNum());
      assertEquals("add f1.den", 2, f1.getDen());
      assertEquals("add f2.num", 3, f2.getNum());
      assertEquals("add f2.den", 2, f2.getDen());
    }
}
```

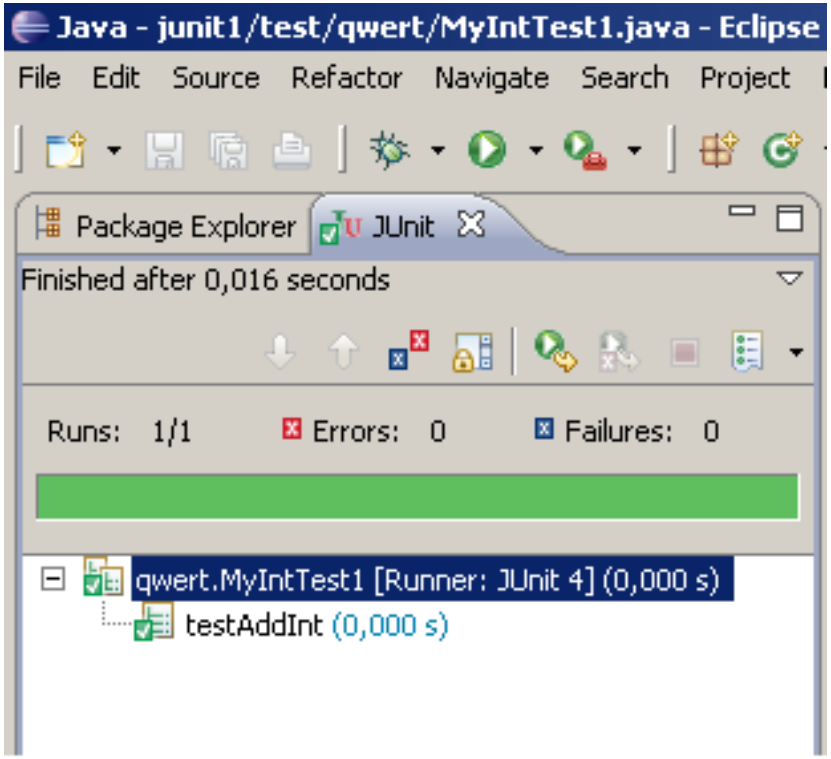
Inicializálás

Működ-tetés

Ellenőrzés

JUnit Eclipse-ben

- Java Build Path/Libraries/Add Library/JUnit 4
- Run As/JUnit Test



Teszt-metódusok

- Megkötések
  - Minden teszt egy metódusban van implementálva
  - Nincs paramétere és visszatérési értéke
  - Publikusak
  - Annotálni kell: `@Test`
  - Nem definiált, de determinisztikus lefutás
    - sorrend ismeretlen, de mindig ugyanaz
    - osztály-annotáció, ha rendezést akarunk (v4.11): `@FixMethodOrder(MethodSorters.NAME_ASCENDING)`

Fixture metódusok

- Bevezetés
  - azonos objektumokon akarunk különböző teszteket futtatni
    - közös inicializálás, lebontás, stb.
    - fixture metódus ezt a feladatot végzi el
  - a tesztek függetlenek!
    - mindegyik saját objektum-készletet kap
  - az objektumokat példányváltozók referálják

Fixture metódusok 2

- Típusaik
  - **@Before**
    - minden teszt előtt lefut, felépíti a kontextust
  - **@After**
    - minden teszt után lefut, lebontja a kontextust
  - **@BeforeClass / @Afterclass**
    - első/utolsó teszt előtt/után futnak le
    - erőforrás-intenzív inicializálás esetén javasolt

Példa JUnit teszt

```
public class MyFractTest {
    Fraction f1, f2;
    @Before
    public void setUp() {
      f1 = new Fraction(5,2);
      f2 = new Fraction(3,2);
    }
    @Test
    public void testAdd() {
      ...
    }
    @Test
    public void testMult() {
      ...
    }
}
```

Fixture és teszt metódusok

- Végrehajtási sorrend 2 teszt esetén:

@BeforeClass metódusok

@Before metódusok

@Test metódus #1

@After metódusok

@Before metódusok

@Test metódus #2

@After metódusok

@AfterClass metódusok

Eredmények kiértékelése

- Hogyan ellenőrizzük az eredményt?

msg a hiba esetére

  - static void **assertTrue**([String msg,] boolean condition)
  - static void **assertFalse**([String msg,] boolean condition)

  - static void **assertNull**([String msg,] Object object)
  - static void **assertNotNull**([String msg,] Object object)

  - static void **assertSame**([String msg,] Object exp, Object act)
  - static void **assertNotSame**([String msg,] Object unexp, Object act)

  - static void **assertEquals**([String msg,] X exp, X act)
  - static void **assertArrayEquals**([String msg,] X exp, X act)

  - static void **fail**([String msg])

Assert példák

```
public class MyFractTest {
    Fraction f1, f2;
    @Before
    public void setUp() {
      f1 = new Fraction(5,2);
      f2 = new Fraction(3,2);
    }
    @Test
    public void testAdd() {
      Fraction old1 = f1, old2 = f2;
      Fraction res = new Fraction(8,2);
      f1 = f1.add(f2);
      assertEquals("add f1 result", res, f1);
      assertNotSame("add f1 change", old1, f1);
    }
}
```

Eredmények kiértékelése

- Lebegőpont összehasonlítás speciális
  - egészek összehasonlíthatók: ==
  - objektumok összehasonlíthatók: *equals*, ==
  - lebegőpontos ábrázolás kerekítési hibával jár

```
// Complex.equals segédfüggvényei:
private static double delta = 1e-6; // hibahatár
private static boolean close(double a, double b) {
  return Math.abs(a-b) < delta; // |b-a| < delta
}
```

  - *assertEquals double* esetén megkaphatja a deltát is

```
assertEquals(3.0, x, 1e-8); // |x-3.0| < 1e-8
```

Teszt futtatása

- Parancssorból
  - `java org.junit.runner.JUnitCore TestClass1 [...other test classes...]`
- Alkalmazásból
  - `org.junit.runner.JUnitCore.runClasses(TestClass1.class, ...);`
- IDE-ből
  - klikkeljünk a *run tests*… menüpontra

Tesztek eredménye

- Success
  - Sikeres futás: az elvárt eredményt kaptuk
- Failure
  - valós és elvárt eredmény eltér
  - elég, ha az egyik *assertion* hibás lesz
- Error
  - nem várt kivétel dobódik futás közben
- Ignore
  - tesztet figyelmen kívül hagytuk (*assume* vagy *@Ignore*)

Tesztek eredménye 2

- Kivételek kezelése

```
@Test(expected=NumberFormatException.class) ...
```

- Timout kezelése

```
@Test(timeout=100) ...
```

- Teszt figyelmen kívül hagyása

```
@Ignore("még dolgozunk rajta") @Test ...
```

  - ha ***Assume.assumeXXX*** metódust használjuk, akkor a *failure* helyett *ignore*-t kaphatunk
    - *assertNotNull(obj)* → *assumeNotNull(obj)*
      ha *obj* null, a teszt eredménye *ignore* (*failure* helyett)

Exception ellenőrzése

```
public class Fraction {
  private int num, den;
  //...
  public Fraction div(Fraction f) throws DivisionByZero {
    if (f.num == 0) throw new DivisionByZero();
    int n = num*f.den, d = den*f.num;
    return new Fraction(n,d);
  }
}
```

```
public class MyFractTest {
  //...
  @Test(expected=DivisionByZero.class)
  public void testDivExc() {
    Fraction t1 = new Fraction(2,1);
    Fraction t2 = new Fraction(0,1);
    t1 = t1.div(t2);
  }
}
```

Tesztosztályok leszármazása

- Tesztek végrehajtása a leszármazottakban
  - alulról felfele a hierarchiában
    - először a legutolsó leszármazott tesztjei, aztán az ősé
- Before metódusok végrehatása
  - fentről lefele a hierarchiában
- After metódusok végrehajtása
  - alulról felfele a hierarchiában

Paraméteres tesztelés

- Ugyanaz a teszt különböző bemenetekkel
  - tesztadatok és tesztmetódusok descartes-szorzata fut le (minden adat minden metódussal)

```
@RunWith(value = Parameterized.class)
public class ParamTest {
  private int a, b;
  public ParamTest(int a1, int b1) {a = a1; b = b1;}

  @Parameters
  public static Collection<Object[]> data() {...}
  @Test public void runTest() {...}
}
```

Paraméterek

Ctr inicializál

Adatok

teszt-metódus

Paraméteres teszt példa

```
@RunWith(value = Parameterized.class)
public class RecipTest {
  private int d,n;
  public ParamTest(int a, int b) {d = a; n = b;}
  @Parameters public static Collection<Object[]> data() {
    return Arrays.asList(new Object[][]{
      {1,2},{2,3},{5,4}
    });
  }
  @Test
  public void runTest() {
    Fraction f = new Fraction(d,n);
    Fraction r = new Fraction(n,d);
    assertEquals("recip test", r, f.reciprocal());
  }
}
```

Teszt-csomagok (suite)

- Csomagoljuk a teszteket!

```
@RunWith (Suite.class)
@Suite.SuiteClasses ({
      TestFeatureLogin.class,
      TestFeatureLogout.class,
      TestFeatureNavigate.class,
      TestFeatureUpdate.class
})
public class FeatureTestSuite {
      // üres gyűjtőosztály
}
```

Tesztek kategorizálása

- Teszteket elláthatjuk kategória-jelöléssel
  - címkézés
  - könnyen csoportosíthatók a különböző tesztek
- A kategóriák egyszerű annotációk
  - kényelmes a használat
- Mind osztály, mind metódus szinten használható

Kategória-példa

```
public interface FastTests{}
public interface SlowTests {}

public class A {
  @Test public void a() { ... }

  @Category(SlowTests.class)
  @Test public void b() { ... }
}

@Category({SlowTests.class, FastTests.class})
public class B {
  @Test public void c() { ... }
}
```

kategóriák jelölése

Kategóriák és csomagok

- Teszt-csomagok definiálhatók kategóriák alapján

```
@RunWith(Categories.class)
@IncludeCategory(SlowTests.class)
@ExcludeCategory(FastTests.class)
@SuiteClasses({ A.class, B.class })
public class SlowTestSuite {
  // Csak a SlowTests kategóriájú tesztek
  // A és B tesztosztályban
}
```

ExternalResource

- Különböző teszt-osztályok közös inicializálása
  - az inicializáló kód egy *ExternalResource*-ba kerül
    - *public void before()*: minden teszt előtt lefut
    - *public void after()*: minden teszt után lefut
    - minden teszthez újonnan jön létre
  - hozzá kell adni a kívánt teszt-osztályhoz

```
@Rule public ExternalResource resource =
        new MyExternalResource();
```

  - osztályszintű Rule (hasonlóan a *BeforeClass*-hoz)

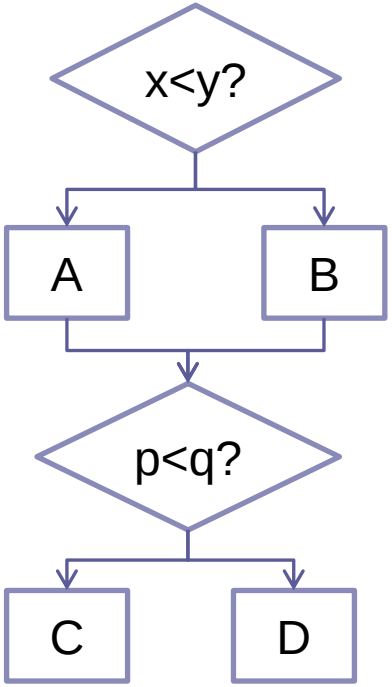
```
@ClassRule ...
```

JUnit konvenciók

- Tesztek és forráskód elkülönítése
  - Külön mappába (**src** vs. **test**)
  - Release változatban nincs teszt
- A teszt és forrásosztályok azonos csomagban
  - a hozzáférési jogok így tiszták
- Ha lehet, egy forrásosztály egy tesztosztállyal
  - Nem kötelező betartani ☺

Tesztfedettség

- A kód mekkora részét teszteltük?
  - fedettség = tesztelt / összes
  - kivételeket is beleértjük
  - statikus vs dinamikus tesztek
    - minden lehetséges út bejárva?
- Cél: 100% fedettség
  - de még így is lehet hiba ☹



Futásidejű ellenőrzések

- Nem tekintjük tesztnek
- *Design by contract*
  - prekondíció
    - amit a metódus elvár a hívótól
  - invariáns
    - ami a metódushívás hatására nem változik
  - posztkondíció
    - ami a metódushívás végén előáll
  - Néhány nyelvben beépítve (pl. Eiffel)

Design by contract példa

```
public interface Stack<T> {
    /** t-t a verem tetejére teszi */
    void push(T t);
    /** leemeli a legfelső elemet */
    T pop();
    /** visszaadja a legfelső elemet */
    T top();
    /** visszaadja a tárolt elemek számát */
    int size();
}
```

Design by contract példa

- **`void push(T t)`**
  - *invariáns*: a korábbi elemek sorrendje ne változzon
  - *posztk.*: **`t`** a verem tetején
- **`void pop()`**
  - *prek.*: verem nem üres
  - *invariáns*: a legfelső elem kivételével a többiek megőrzik a sorrendjüket
  - *posztk.*: legfölső elem lekerül a tetőről

Design by contract példa

- **`T top()`**
  - *prek.* : verem nem üres
  - *invariáns* : minden elem a helyén marad
  - *posztk.* : a visszaadott elem a legfölsővel azonos
- **`int size()`**
  - *invariáns* : minden elem a helyén marad
  - *posztk.* : visszaadott érték azonos az elemek számával

Tesztek vs Design by contract

- Tesztek generálhatók a DbC leírásból
  - pre, inv, poszt formálisan specifikálandó
  - feltételekből tesztesetek készíthetők
- Teszteket fejlesztés közben futtatjuk
  - mielőtt használatba kerül a szoftver
- DbC normál használat közben
  - mi a teendő, ha valamelyik feltétel sérül?
  - főleg prototipizáláskor alkalmazzuk

Java: *assert* kulcsszó

- Futásidejű feltétel-ellenőrzés
  - *assert kifejezés;*
    - pl. **`assert (stack.size() > 0);`**
  - *assert kifejezés1: kifejezés2;*
    - pl. **`assert (i % 5 == 0 : i);`**
    - ha hiba van, az *i* bent lesz az üzenetben
- Amikor az *assert* kifejezése hamis lesz
  - *AssertionError* dobódik
  - Error típus -> nem kell és nem is lehet kezelni

Java *assert* szabályok

- Ne használjuk publikus metódus paraméterének ellenőrzéséhez
  - inkább *IllegalArgumentException*, *NullPointerException*, stb.
- Assert-kifejezésbe ne tegyünk működést
  - pl. `assert (stack.pop() == x); // NE!`

```
Object o = stack.pop();
assert (o==x);                  // OK
```

- Engedélyezésükhöz
  - `javac -source 1.4 MyClass.java`
  - különben *assert* nem kulcsszó

Java *assert* engedélyezése

- Csomagok és osztályok esetén
  - *-enableassertions* vagy *-ea*
  - *-disableassertions* vagy *-da*
    - argumentumok (pl. *-ea:hu.bme.iit…*)
      - *none*: teljes alkalmazásra
      - **`packageName...`**: csomagra és alcsomagjaira
      - **`...`**: a névtelen csomagra
      - **`classname`**: egy adott osztályra
- A rendszerosztályok esetén
  - *-enablesystemassertions* vagy *-esa*
  - *-disablesystemassertions* vagy *-dsa*

JUnit 5

- Módosulások
  - @Before, @After –> @BeforeEach, @AfterEach
  - @BeforeClass, @AfterClass -> @BeforeAll, @AfterAll
  - @Test(expected=NumberFormatException.class)
    -> assertThrows(Exception.class, ...)
  - @Test(timeout = 1)
    -> assertTimeout(Duration.ofMillis(1), ...)
  - @Category(osztály) -> @Tag(string)
  - ...

Köszönöm a figyelmet