Programozási nyelvek Java

Alapok

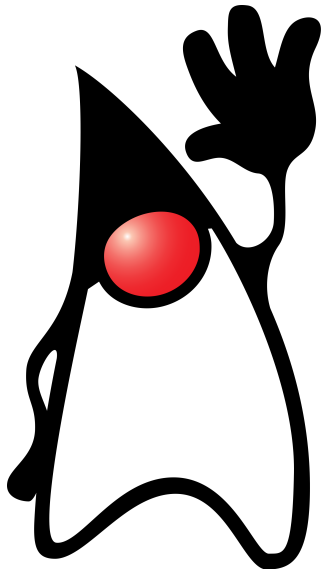
Kozsik Tamás

ELTE
IK

A Java nyelv

- C-alapú szintaxis
- Objektumelvű (object-oriented)
  - ◇ Osztályalapú (class-based)
- Imperatív
  - ◇ Újabban kis FP-beütés
- Fordítás bájtkódra (a Java VM gépi kódjára)
- Erősen típusos
- Statikus + dinamikus típusrendszer
- Generikus, konkurens nyelvi eszközök

Java Language Specification



ELTE
IK

Jellemzői

- Könnyű/olcsó szoftverfejlesztés
- Gazdag infrastruktúra
  - ◇ Szabványos és egyéb programkönyvtárak
  - ◇ Eszközök
  - ◇ Kiterjesztések
  - ◇ Dokumentáció
- Platformfüggetlenség (JVM)
  - ◇ Write once, run everywhere
  - ◇ **Compile** once, run everywhere
- Erőforrásintenzív

JavaZone videó

ELTE IK

Történelem

James Gosling és mások, 1991 (Sun Microsystems)

Java version history

- 1991: Oak → Green → **Java**
- 1996: Java 1.0 (SE, Standard Edition)
- 1999: Enterprise Edition (J2EE, Jakarta EE)
- 2010: a Java az Oracle-höz kerül
- SE LTS kiadások: Java 11 (2018), Java 17 (2021)

ELTE
IK

Java Virtual Machine

- Alacsony szintű nyelv: bájtkód
- Sok nyelv fordítható rá (Ada, Closure, Eiffel, Jython, Kotlin, Scala···)
- Továbbfordítható
  - ◇ Just In Time compilation
- Dinamikus szerkesztés
- Kódmobilitás

Java Virtual Machine Specification

C és Java hasonlósága

```
// legnagyobb közös osztó
int lnko(int a, int b) {
  while (b != 0) {
    int c = a % b;
    a = b;
    b = c;
  }
  return a;
}
```

ELTE
IK

C és Java különbsége

```
double sum(double array[]) {
  double s = 0.0;
  for (int i = 0; i < array.length; ++i) {
    s += array[i];
  }
  return s;
}
```

C és Java különbsége - hangsúlyosabban

```
double sum(double[] array) {
  double s = 0.0;
  for (double item: array) {
    s += item;
  }
  return s;
}
```

Java programok felépítése

(első blikkre)

- [modul (`module`)]
- csomag (`package`)
- osztály (`class`)
  - ◇ adattag (mező, field)
  - ◇ metódus (method) vagy kicsit pontatlanul *függvény*
    - ▶ utasítás (statement)
      - kifejezés (expression)
        - ◇ literál

Tag (member): adattagok és metódusok összefoglaló neve.

Literál: érték megjelenése a forráskódban, pl. `123` vagy `"abc"`.

ELTE
IK

Java forrásfájl

- Osztálynévvel
- `.java` kiterjesztés
- Fordítási egység
- Csomagjának megfelelő könyvtárban
- Karakterkódolás

Hello World!

```
public class HelloWorld {
  public static void main(String[] args) {
    System.out.println("Hello world!");
  }
}
```

ELTE
IK

Parancssorban

```
$ ls
HelloWorld.java

$ javac HelloWorld.java

$ ls
HelloWorld.class  HelloWorld.java

$ java HelloWorld
Hello world!
```

ELTE
IK

Fordítás, futtatás

- A „tárgykód'' a JVM bájtkód (`.class`)
- Nem szerkesztjük statikusan
- Futtatás: bájtkód interpretálása + JIT

Egyszerűsítések

Memóriába fordítás és onnan futtatás: `$ java HelloWorld.java`

- Nem keletkezik `.class` fájl
- Csak a legegyszerűbb programokhoz javasolt

ELTE
IK

Egyszerűsítések

Memóriába fordítás és onnan futtatás: `$ java HelloWorld.java`

- Nem keletkezik `.class` fájl
- Csak a legegyszerűbb programokhoz javasolt

Bizonyos részek kihagyhatók (`HelloWorld` ilyenkor ún. *unnamed class*)

```
void main() {
  System.out.println("Hello world!");
}
```

Ehhez jelenleg extra opciókat kell megadni

```
$ javac.exe --source 21 --enable-preview HelloWorld.java
$ java --enable-preview HelloWorld
Hello world!
```

ELTE
IK

Java programok futása

- Végrehajtási verem (execution stack)
  - ◇ Aktivációs rekordok
    - ▶ Lokális változók
    - ▶ Paraméterátadás
- Dinamikus tárhely (heap)
  - ◇ Objektumok tárolása

ELTE
IK

Karakterkódolási szabványok

Karakterkódolások

- Bacon' s cipher, 1605 (Francis Bacon)
- Baudot-code, 1874
- BCDIC, 1928 (Binary Coded Decimal Interchange Code)
- EBCDIC, 1963 (Extended ···)
- **ASCII**, 1963 (American Standard Code for Information Interchange)
- ISO/IEC 8859 (Latin-1, Latin-2,···)
- Windows 1250 (Cp1250)
- **Unicode** (**UTF-8**, UTF-16, UTF-32)

Kapcsolódó program: `iconv` (Unix/Linux)

Karakterkódolás: fordítás

- Tfh a `Main.java` a régi magyar Windows-1250 kódolással íródott, de a rendszer a modern UTF-8 szabványt használja.

ELTE
IK

Karakterkódolás: fordítás

- Tfh a `Main.java` a régi magyar Windows-1250 kódolással íródott, de a rendszer a modern UTF-8 szabványt használja.

A rendszerben alapértelmezett UTF-8 kódolással

```
$ javac Main.java
Main.java:2: error: unmappable character (0xE1)
                                    for encoding UTF-8
    String hib?s;
```

ELTE
IK

Karakterkódolás: fordítás

- Tfh a `Main.java` a régi magyar Windows-1250 kódolással íródott, de a rendszer a modern UTF-8 szabványt használja.

A rendszerben alapértelmezett UTF-8 kódolással

```
$ javac Main.java
Main.java:2: error: unmappable character (0xE1)
                                    for encoding UTF-8
    String hib?s;
```

A kódolás kikényszerítése

```
$ javac -encoding Cp1250 Main.java
```

ELTE IK

Lexikai elemek

- Kulcsszavak
- Azonosítók
- Operátorok
- Literálok
- Zárójelek: `(.)` `[.]` `{.}` `<.>`
- Speciális jelek: `.` `,` `:` `;` `->` `|` `...` `::` `@`
- Megjegyzések
  - Egysoros
  - Többsoros
    - Dokumentációs

ELTE
IK

Tárgyalt kulcsszavak, fenntartott szavak

Utasítás: `if else switch case default while do for break continue return try catch finally throw assert yield`

Programszerkezet: `package import class enum interface extends implements`

Típus: `boolean char byte short int long float double void`

Deklaráció: `public protected private abstract static final throws`

Hivatkozás: `this super`

Operátor: `instanceof new`

Literál: `true false null`

Nem tárgyalt kulcsszavak, fenntartott szavak

Típuskikövetkeztetés: `var`

Deklaráció: `synchronized volatile transient strictfp native`

Nem használt, fenntartott szavak: `_ const goto`

Moduldeklaráció:

```
module exports open opens provides requires
uses with to transitive
```

ELTE IK

Azonosítók

- Unicode betűk, számjegyek, _ és $
  - ◇ Számjeggyel nem kezdődhet
- Néhány ritka, de lehetséges példa: 先生, ε, árvíztűrőTükörfúrógép

Konvenciók

```
package java.lang;
public final class Integer ... {
    ...
    public static final int MAX_VALUE = 2147483647;
    public int intValue() { ... }
    ...
}
```

ELTE IK

Literálok

- Logikai ~: `true` és `false`
- Karakter~: `'c'`, `'\t'`, `'\''`, `'\\'`, `'\uBABE'`
  - ◇ Megjegyzés: `'0'` kódja 48, `'\0'` kódja 0
- Szöveg~: `"this string\nhas \u0032 lines"`
  - ◇ Megjegyzés: $32_{10} = 50$, ami a 2 karakterkódja
- Egész ~
  - ◇ `int`: `1984`, `9_772_756`, `0123`, `0XBee`, `0xCAFE_BABE`, `0b1010101`
  - ◇ `long`: `1984L`, `1984l`, `0xDEAD_BEEF_ADDED_C00L`
- Lebegőpontos ~
  - ◇ `double`: `3.14159`, `.000_001`, `1E-6`, `6.022140857e23`, `3.`, `3D`, `3.14d`, `0x1.Bp-2` = `(1+11./16)/4`, `0X1DE.1P0D`
  - ◇ `float`: `3.14159F`, `.000_001f` ···

ELTE
IK

Kifejezés

- szintaxis: számít az operátorok aritása (paraméterszáma) és fixitása (sorrendje)
- kiértékelés
  - precedencia: `A + B * C`
  - asszociativitás: `A-B-C` jelentése `(A-B)-C`, nem `A-(B-C)`
  - operandusok/paraméterek kiértékelésének sorrendje: `A + B`, `f(A,B)`
  - mohó/lusta (eager/lazy) kiértékelés: `A ? B : C`
  - mellékhatások (side effect): `++x`

Mellékhatás: példa: *olvasás a fájl végéig* (idióma)

Tfh `in` egy fájlt olvasó `InputStream`.

```
int v;
while ((v=in.read()) != -1) {
   ...
}
```

A ciklusfeltétel két mellékhatást tartalmaz.

- `read()`: a fájl olvasása halad
- `v`: új értéket kap

Bitmanipuláció

- Bitenkénti *és* és *vagy*: `A & B`, `A | B` (`A` és `B` típusa `int` vagy `long`)

Bitmanipuláció

- Bitenkénti *és* és *vagy*: `A & B`, `A | B` (`A` és `B` típusa `int` vagy `long`)
- Kizáró vagy (XOR): `A ^ B`

Bitmanipuláció

- Bitenkénti *és* és *vagy*: `A & B`, `A | B` (`A` és `B` típusa `int` vagy `long`)
- Kizáró vagy (XOR): `A ^ B`
- Negáció: `~A`

Bitmanipuláció

- Bitenkénti *és* és *vagy*: `A & B`, `A | B` (`A` és `B` típusa `int` vagy `long`)
- Kizáró vagy (XOR): `A ^ B`
- Negáció: `~A`
- Eltolás (shift): `A << B`, `A >> B`, `A >>> B`

Új operátor készítése, operátortúlterhelés

- Nem készíthető új operátor
- Az előre adott operátorok jelentése nem változtatható meg
  - ◇ A programozó nem definiálhat operátortúlterhelést
  - ◇ A beépített túlterhelések köre (pl. + vagy &) korlátozott

ELTE
IK

Logikai operátorok kiértékelése

`A` és `B` (rész)kifejezések típusa `boolean`

- Lusta: `A && B`, `A || B`
- Mohó: `A & B`, `A | B`

Lusta és mohó kiértékelési tábla

A logikai kifejezések kiértékelésének négy lehetséges eredménye: `true` ($\uparrow$), `false` ($\downarrow$), *kivétel* ($\bot$) és *végtelen ciklus* (∞).

A mellékhatásoktól eltekintve a $\alpha \wedge \beta$ kifejezés értéke:

α && β	$\beta = \uparrow$	$\beta = \downarrow$	$\beta = \bot$	$\beta = \infty$
$\alpha = \uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\bot$	∞
$\alpha = \downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
$\alpha = \bot$	$\bot$	$\bot$	$\bot$	$\bot$
$\alpha = \infty$	∞	∞	∞	∞

α & β	$\beta = \uparrow$	$\beta = \downarrow$	$\beta = \bot$	$\beta = \infty$
$\alpha = \uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\bot$	∞
$\alpha = \downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\bot$	∞
$\alpha = \bot$	$\bot$	$\bot$	$\bot$	$\bot$
$\alpha = \infty$	∞	∞	∞	∞

Példa: mohó kiértékelésű operátor

```
int v1, v2;
while (((v1 = in1.read()) != -1) | ((v2 = in2.read()) != -1))
    if (v1 == -1) {
        out.write(v2);
    } else if (v2 == -1) {
        out.write(v1);
    } else {
        out.write(v1+v2);
    }
}
```

Utasítások

- Kifejezéskiértékelő utasítás
  - ◇ Értékadások
  - ◇ Metódushívás
- `return`-utasítás és `yield`-utasítás
- Elágazások (`if`, `switch`)
- Ciklusok (`while`, `do`–`while`, `for`)
- Nem strukturált: `break`, `continue`
- Blokk-utasítás
- Deklaráció (pl. változó~)
- Kivételkezelő és -kiváltó utasítások
- `assert`-utasítás

ELTE
IK

Puzzle 22: Dupe of URL (Bloch, Gafter: Java Puzzlers)

Címkézett utasítás

```
class Main {
  public static void main(String[] args) {
    https://jdk.java.net/
    System.out.println();
  }
}
```

ELTE
IK

switch-utasítás

```
switch (day) {                  // enumeration type
    case SUN: case SAT: return 0;
    case FRI:           return 6;
    default:            return 8;
}

switch (day.toString()) { // String
    case "SUN": case "SAT": return 0;
    case "FRI":             return 6;
    default:                return 8;
}

switch (day.ordinal()) { // int
    case 6: case 5:         return 0;
    case 4:                 return 6;
    default:                return 8;
}
```

ELTE
IK

Hagyományos switch-utasítás

```
String name;    // szándékosan nem inicializált
switch (dayOf(new java.util.Date())) {
    case  0: name =    "Sunday"; break;
    case  1: name =    "Monday"; break;
    case  2: name =   "Tuesday"; break;
    case  3: name = "Wednesday"; break;
    case  4: name =  "Thursday"; break;
    case  5: name =    "Friday"; break;
    case  6: name =  "Saturday"; break;
    default: throw new Exception("illegal value");
}
```

ELTE
IK

Biztonságosabb switch-utasítás

```
String name;    // szándékosan nem inicializált
switch (dayOf(new java.util.Date())) {
    case  0 -> name =    "Sunday";
    case  1 -> name =    "Monday";
    case  2 -> name =   "Tuesday";
    case  3 -> name = "Wednesday";
    case  4 -> name =  "Thursday";
    case  5 -> name =    "Friday";
    case  6 -> name =  "Saturday";
    default -> throw new Exception("illegal value");
}
```

ELTE
IK

switch kifejezés

```
String name =
  switch (dayOf(new java.util.Date())) {
    case  0 ->    "Sunday";
    case  1 ->    "Monday";
    case  2 ->   "Tuesday";
    case  3 -> "Wednesday";
    case  4 ->  "Thursday";
    case  5 ->    "Friday";
    case  6 ->  "Saturday";
    default -> throw new Exception("illegal value");
  };
```

ELTE
IK

Túlcsorgás

```
switch (month) {
  case  4:
  case  6:
  case  9:
  case 11: days = 30;
           break;
  case  2: days = 28 + leap;
           break;
  default: days = 31;
}
```

```
days = switch (month) {
         case 4,6,9,11 -> 30;
         case 2  -> 28 + leap;
         default -> 31;
       };
```

ELTE
IK

yield-utasítás

```
int days =
  switch (month) {
    case 4, 6, 9, 11 -> 30;
    case 2 -> { int leap = 0;
                if (year % 4 == 0)   leap = 1;
                if (year % 100 == 0) leap = 0;
                if (year % 400 == 0) leap = 1;
                yield 28 + leap;
              }
    default -> 31;
  };
```

ELTE
IK

Nem triviális túlcsorgás

```
enum States {RED, AMBER, GREEN};
...
switch (trafficLight) {
    case RED:    stop();
                 break;
    case AMBER:  if (canSafelyStop()) {
                     stop();
                     break;
                 }
    case GREEN:  go();
}
```

ELTE
IK

Javában nem, de C-ben ilyen is írható

```
switch (trafficLight) {
  case AMBER:  if (canSafelyStop()) {
  case RED:      stop();
                 break;
               }
  case GREEN:  go();
}
```

ELTE
IK

Csomag

- Program tagolása
- Összetartozó osztályok összefogása
- Programkönyvtárak
  - ◇ Szabványos programkönyvtár

ELTE
IK

A package utasítás

```
package geometry;

public class Point {     // geometry.Point
   int x, y;
   void move(int dx, int dy) {
      x += dx;
      y += dy;
   }
}
```

- Osztály (teljes) neve: `geometry.Point`
- Osztály rövid neve: `Point`

ELTE
IK

Hierarchikus névtér

```
package geometry.basics;

public class Point {     // geometry.basics.Point
   int x, y;
   void move(int dx, int dy) {
      x += dx;
      y += dy;
   }
}
```

- Szabványos programkönyvtár, pl. java.net.ServerSocket
- hu.elte.kto.teaching.javabsc.geometry.basics.Point

ELTE
IK

Compilation and execution

- Munkakönyvtár (working directory)
- Hierarchikus csomagszerkezet → könyvtárszerkezet
- Fordítás a munkakönyvtárból
  - ◇ Fájlnév teljes elérési úttal
- Futtatás a munkakönyvtárból
  - ◇ Teljes osztálynév

```
$ ls -R
.:
geometry

./geometry:
basics

./geometry/basics:
Main.java  Point.java
$ javac geometry/basics/*.java
$ ls geometry/basics
Main.class  Main.java
Point.class  Point.java
$ java geometry.basics.Main
$
```

Fordítás: Java és C

```
$ ls geometry/basics
Main.java  Point.java
$ javac geometry/basics/Point.java
$ ls geometry/basics
Main.java  Point.class  Point.java
$ javac geometry/basics/Main.java
$ ls geometry/basics
Main.class  Main.java  Point.class  Point.java
$ java geometry.basics.Main
$
```

ELTE
IK

Rekurzív fordítás

```
$ ls geometry/basics
Main.java  Point.java
$ javac geometry/basics/Main.java
$ ls geometry/basics
Main.class  Main.java  Point.class  Point.java
$ java geometry.basics.Main
$
```

Névtelen csomag

Default/anonymous package

- Ha nem írunk `package` utasítást
- Forrásfájl közvetlenül a munkakönyvtárba
- Kis kódbázis esetén rendben van

Láthatósági kategóriák

- `private` (privát, rejtett)
  - ◇ csak az osztálydefiníción belül
- semmi (félnyilvános, package-private)
  - ◇ csak az ugyanabban a csomagban lévő osztálydefiníciókban
- `public` (publikus, nyilvános)
  - ◇ osztály is
  - ◇ tagok, konstruktor is

Nyilvános és rejtett tagokat tartalmazó nyilvános osztály

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Time {
  private int hour;                    // 0 <= hour < 24
  private int minute;                  // 0 <= minute < 60
  public Time(int hour, int minute) { ... }
  public int getHour() { return hour; }
  public int getMinute() { return minute; }
  public void setHour(int hour) { ... }
  public void setMinute(int minute) { ... }
  public void aMinutePassed() { ... }
}
```

ELTE
IK

Több csomagból álló program

hu/elte/kto/javabsc/eloadas/Time.java

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Time {
    ...
}
```

Main.java

```
// a névtelen csomagban

public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    hu.elte.kto.javabsc.eloadas.Time morning = new Time(6,10);
// fordítási hiba: nincs Time a névtelenben    ↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑
  }
}
```

Egy csomagon belül

hu/elte/kto/javabsc/eloadas/Time.java

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Time { ... }
```

hu/elte/kto/javabsc/eloadas/Main.java

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    Time morning = new Time(6,10);
    ...
  }
}
```

Egy forrásfájlban több típusdefiníció

hu/elte/kto/javabsc/eloadas/Time.java

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Time {
  ...
}

class Main {
  public static void main(String[] args) {
    Time morning = new Time(6,10);
    ...
  }
}
```

IK

Az import utasítás

hu/elte/kto/javabsc/eloadas/Time.java

```
package hu.elte.kto.javabsc.eloadas;

public class Time {
  ...
}
```

Main.java

```
import hu.elte.kto.javabsc.eloadas.Time;

public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    Time morning = new Time(6,10);
    ...
  }
}
```

Minősített név feloldása

- Osztály teljes neve helyett a rövid neve
- `import hu.elte.kto.javabsc.eloadas.*;`
- Nem tranzitív
- A `java.lang` csomag típusait nem kell
- Névütközés: teljes név kell
  - ◇ `java.util.List`
  - ◇ `java.awt.List`

ELTE
IK

Fordítási egység szerkezete

- opcionális `package` utasítás
- 0, 1 vagy több `import` utasítás
- 1 vagy több típusdefiníció

ELTE
IK

javac kapcsolók

```
-d <directory>
    Specify where to place generated class files

--source-path <path>, -sourcepath <path>
    Specify where to find input source files

--class-path <path>, -classpath <path>, -cp <path>
    Specify where to find user class files...
```

ELTE
IK

Classpath

```
javac -classpath .:/usr/lib/java:/opt/java/myfiles.jar \\
      geometry/basics/Point.java

java -classpath .:/usr/lib/java:/opt/java/myfiles.jar \\
      geometry.basics.Main
```

- Ha kell a `colors.RGB` osztály:
  - `./colors/RGB.class`
  - `/usr/lib/java/colors/RGB.class`
  - `/opt/java/myfiles.jar`-ban `colors/RGB.class`
- Windows alatt (`cmd`): `-cp`
  `.;C:\Users\kto\mylib;D:\myfiles.jar`
  - Powershell használatával: `-cp`
    `".;C:\Users\kto\mylib;D:\myfiles.jar"`
  - `CLASSPATH` környezeti változó

jar fájlok

- Java Archive
- ZIP-tömörítésű fájl
- jar parancs az SDK-ban

Egységteszt (Unit test)

- A program legkisebb, önálló részeinek kipróbálása
  - ◇ Egység lehet: metódus, **osztály**, komponens/modul
  - ◇ Nem egységteszt, ha külső függőségei vannak
    - ▶ Ilyen pl.: fájlrendszer, adatbázis, hálózat használata
- Kis, gyorsan lefutó, független tesztek
  - ◇ Futási időben működik
  - ◇ Fekete dobozos: az egység belső szerkezete nem ismert
    - ▶ Csak az osztály publikus interfészét (metódusait) használja
- Funkcionális helyességet tesztel: a lefutás az elvárt eredményt adja-e
  - ◇ Nem cél: hatékonyság tesztelése

ELTE
IK

Egységteszt: helyesség

- Nem *bizonyítja*, csak *alátámasztja* a helyességet
- Regressziók felfedése: hamar kiderül, ha hibás a kód
- Egyúttal dokumentálja, mi az elvárt működés
  - ◇ Együtt fejlődik a kóddal: ezt a fordítóprogram „érti'' és ellenőrzi
  - ◇ A szöveges dokumentáció elavulhat
- Lefedettség (code coverage)
- Sok hibát megelőz még fejlesztés alatt
  - ◇ Nagyobb munkaigény kezdetben
  - ◇ Olcsóbb lehet az utólagos hibajavításnál
    - ▶ Az éles rendszer jobban működik

ELTE
IK

Egységteszt: módszerek

- Tesztvezérelt fejlesztés (test driven development, TDD)
  1. Új teszteset hozzáadása, ami még "piros" (sikertelen)
  2. Kód írása/fejlesztése: minden teszteset legyen "zöld" (sikeres)
  3. A kód minőségének javítása (refaktorálás): minden "zöld"
- Egyéb tesztelési megközelítések
  - ◇ Naplózás, kiírások használata
  - ◇ Hibakeresés (debugging)
  - ◇ Összetettebb: integrációs ∼, teljesítmény∼, stressz/terhelési ∼, automatizált ∼, véletlenített/tulajdonság alapú ∼, mock ∼, folyamatos ∼ (CI/CD), ···
  - ◇ Felhasználói élmény: elfogadási ∼, biztonsági ∼, használati ∼, lokalizációs ∼, ···
  - ◇ Formális helyességbizonyítás

ELTE
IK

Egységtesztelő: így használandó

- Egy tesztelő metódus egyetlen vizsgálatot tartalmaz
- A lehető legegyszerűbb szerkezet: ciklus, elágazás, véletlen, ··· nélkül
- Saját kódot teszteljünk, ne könyvtárakat
- Lebegőpontos típusok tesztelése: az eredménynek lehet pontatlansága
  - ◇ Extra paraméter: tűréshatár (delta)
- Számítás adatainak struktúrája: egyszerűtől bonyolultig
  - ◇ `null`
  - ◇ üres szöveg, `0`
  - ◇ konstruktorhívás, majd getter
  - ◇ kis, pozitív értékek
  - ◇ egy-két lépéssel összeállított adatok
  - ◇ negatív/szokatlan/extrém értékek
    - ▶ pl. `Integer.MAX_VALUE` vagy `Double.MIN_VALUE`
    - ▶ kivételek
  - ◇ hosszabb "történet", több hívással

ELTE
IK

Egységtesztelés: FIRST

- Fast: μs-ms
- Isolated: egymástól és külvilágtól elkülönülő
- Repeatable: megismételhető
  - ◇ Nincsenek mellékhatások
  - ◇ Nincs nemdeterminisztikus futás
- Self-verifying: önellenőrző
  - ◇ Minden teszt elbukhat
  - ◇ Minden bukásnak pontosan egy oka lehet
- Timely: a kóddal együtt bővülnek/fejlődnek a tesztek
- vagy Thorough: lásd előző fólia

ELTE
IK

JUnit

- Java nyelvű megvalósítások közül a legnépszerűbb
- A jelenleg legújabb kiadás: JUnit 5, 1.10 verzió
- Ide kattintva letölthető a `jar` fájl
  - ◇ A letöltött fájlnak adható rövidebb név, pl. `junit5.jar`
- Tesztelendő osztály: system under test (SUT)
  - ◇ Tegyük fel, hogy a `time.Time` osztályt teszteljük
  - ◇ A SUT kódja a `time/Time.java` fájlban van
  - ◇ A tesztelő kód a `time/TimeTest.java` fájlba kerül

Fordítás és futtatás

```
javac -cp junit5.jar time/TimeTest.java
java -jar junit5.jar -cp . -c time.TimeTest
```

ELTE IK

JUnit teszteset: Arrange-Act-Assert

```
package time;

import static org.junit.jupiter.api.Assertions.*;
import org.junit.jupiter.api.Test;

public class DemoTest {
  @Test
  void testHour00_00() {
    // Step 1: Arrange
    Time sut = new Time(0, 0);
    // Step 2: Act
    int hour = sut.getHour();
    // Step 3: Assert
    assertEquals(0, hour);
  }
}
```

ELTE
IK

JUnit teszteset: Arrange-Act-Assert röviden

```
package time;

import static org.junit.jupiter.api.Assertions.*;
import org.junit.jupiter.api.Test;

public class DemoTest {
  @Test
  void testHour00_00() {
    assertEquals(0, new Time(0, 0).getHour());
  }
}
```

ELTE
IK

JUnit teszteset kimenete

- Fontos: az elvárt érték az első paraméter
  - ◇ Ez mindig egy konstans legyen, ne számított érték

```
@Test
void wrongResultTest() { assertEquals(5, 2+2); }
```

```
org.opentest4j.AssertionFailedError: expected:<5> but was:<4>
  ... (sok, érdektelen információ)
  at testing.DemoTest.wrongResultTest(DemoTest.java:9)
  ... (még több sor)
```

JUnit teszteset kimenete

- Fontos: az elvárt érték az első paraméter
  - ◇ Ez mindig egy konstans legyen, ne számított érték

```
@Test
void wrongResultTest() { assertEquals(5, 2+2); }
```

```
org.opentest4j.AssertionFailedError: expected:<5> but was:<4>
  ... (sok, érdektelen információ)
  at testing.DemoTest.wrongResultTest(DemoTest.java:9)
  ... (még több sor)
```

```
@Test
void wrongOrderTest() { assertEquals(2+2, 5); }
```

```
org.opentest4j.AssertionFailedError: expected:<4> but was:<5>
  at testing.DemoTest.wrongOrderTest(DemoTest.java:9)
```

JUnit: tömbök

Tömbök tesztelése: külön `assertArrayEquals` művelettel

- `assertEquals` nem jó
- Más adatszerkezetek jól működnek

```
@Test
public void testFibArray() {
  int[] fibs = Fibonacci.fibsUpTo(6);
  assertArrayEquals(new int[] { 1, 1, 2, 3, 5, 8 }, fibs);
}
```

ELTE
IK

JUnit: paraméterezett teszt: azonos működés több adaton

```
@CsvSource("this is some text,4")
@ParameterizedTest
public void testSplit(String text, int partCount) {
    assertEquals(partCount, text.split(" ").length);
}

@DisplayName("Computing the Fibonacci numbers")
@ParameterizedTest(name = "fib({0}) = {1}")
@CsvSource({"13,6", "21,7"})
public void testFib(int expected, int num) {
  assertEquals(expected, Fibonacci.fib(num));
}
```

```
'-- Computing the Fibonacci numbers [OK]
  +-- fib(6) = 13 [OK]
  '-- fib(7) = 21 [OK]
```

ELTE
IK

JUnit: paraméterezett tesztek szövegblokkokkal

Forrás: JUnit 5 dokumentációja

```
@ParameterizedTest(name = "[{index}] {arguments}")
@CsvSource(useHeadersInDisplayName = true, textBlock = """
  FRUIT,          RANK
  apple,          1
  strawberry,     700_000
  'lemon, lime', 0xF1
  """)
public void testWithCsvSource(String fruit, int rank) {
  // ...
}
```

Kimenet:

```
[1] FRUIT = apple, RANK = 1
[2] FRUIT = strawberry, RANK = 700_000
[3] FRUIT = lemon, lime, RANK = 0xF1
```

ELTE
IK

JUnit: ritkábban használatos eszközök

```
fail();

assertEquals("y", "x", "expected to be y");

assertEquals("y", "x", () -> "Also expected to be y");
```

```
... AssertionFailedError
    at time.JUnitDemoTest.testFail(JUnitDemoTest.java:19)
...: expected to be y ==> expected: <y> but was: <x>
    at time.JUnitDemoTest.testMessageV1(JUnitDemoTest.java:24)
...: Also expected to be y ==> expected: <y> but was: <x>
    at time.JUnitDemoTest.testMessageV2(JUnitDemoTest.java:29)
```

ELTE
IK

JUnit: ritkábban használatos eszközök

```
@Test
public void testTrue() {
  assertTrue(2 + 2 == 4);
}

@Test
public void testFalse() {
  assertFalse("it's true" == "it's " + true);
}
```

```
...: expected: <false> but was: <true>
    at time.JUnitDemoTest.testFalse(JUnitDemoTest.java:14)
```

- Az `assertEquals` jobb: precízebb a hibaüzenet
- Figyelem: a `==` nem helyes egyenlőségvizsgálat a `String` típuson!
  - Az ellenpárja, `!=` szintén rossz

ELTE IK

JUnit: kivételek

```
@Test
public void testInvalidTime() {
  InvalidTimeException exception =
    assertThrows(InvalidTimeException.class, () -> {
      new Time(123, 456);
    };
  assertEquals("/ by zero", exception.getMessage());
}
```

- `() -> { ... }`: a kivételt potenciálisan kiváltó kódrészlet ide kerül
- A `.class` tekinthető speciális adattagnak
- Itt megengedett két `assertX` írása is egy tesztelő metódusba
  - ◇ Sokszor nincs üzenet, akkor változó sem szükséges

JUnit: életciklus

```
public class TimeTest {
  private Time time;

  @BeforeEach
  public void beforeEach() {
    time = new Time(12, 34);
  }

  @Test void test1() { assertEquals(12, time.getHour()); }
  @Test void test2() { assertEquals(34, time.getMin());  }
  @Test void test3() { assertEquals(35, time.inc().getHour()); }
}
```

- `@BeforeEach`: tesztesetek ismétlődő adatainak közös beállítása
  - ◇ A tesztesetek nem zavarják egymást, mert mindig újrainicializál
- `@AfterEach`: pl. átmeneti fájlok törlésére
- `@BeforeAll`, `@AfterAll`: ritkán használatos

CheckThat

- A szokásos JUnit tesztek a kód funkcionalitását vizsgálják
- Ez az eszköz a kód szerkezetét ellenőrzi
- Használata intuitív
- A megvalósító kód túlmutat a félév anyagán, nem kell megérteni

ELTE
IK

CheckThat példa

```
package time;

import static check.CheckThat.Condition.*;
import check.CheckThat;

import org.junit.jupiter.api.Test;

public class StructureTest01_Time {
  @Test
  public void test1() {
    CheckThat...
  }

  ...
}
```

CheckThat példa

```
CheckThat.theClass("time.Time")
   .hasConstructorWithParams(int.class, int.class)
     .thatIs(VISIBLE_TO_ALL);

CheckThat.theClass("time.Time")
   .thatIs(FULLY_IMPLEMENTED, INSTANCE_LEVEL, VISIBLE_TO_ALL)
   .hasFieldOfType("hour", int.class)
     .thatIs(FULLY_IMPLEMENTED, INSTANCE_LEVEL, MODIFIABLE, VIS
     .thatHas(GETTER, SETTER);

CheckThat.theClass("time.Time")
   .hasMethodWithParams("getEarlier", "Time")
     .thatIs(FULLY_IMPLEMENTED, INSTANCE_LEVEL, VISIBLE_TO_ALL)
     .thatReturns("Time");
```

CheckThat hibaüzenetek

```
org.opentest4j.MultipleFailuresError: Multiple Failures (1 fai
    ...: Nincsen megfelelő GETTER metódus
                                ehhez az adattaghoz: Time.hour
```

További üzenetek:

```
...: A Time.hour visszatérése nem megfelelő
...: A Time.hour láthatósága nem megfelelő
```

- Egy változóval angolra is állítható

ELTE
IK

CheckThat használata

```
package time;
import org.junit.platform.suite.api.*;

@Suite
@SelectClasses({
   StructureTest01_Time.class,
   StructureTest02_WorldTimes.class
   ,TimeTest.class
   ,WorldTimesTest.class    // (*)
})
public class TestSuite {}
```

- A tesztelő kódhoz nem kell hozzányúlni
  - ◇ Ha még csak a `Time` osztály van készen, `(*)` kikommentezendő

Fordítás és futtatás

CheckThat használata, elkülönülő tesztelő kód

```
root                                    root
+ project                               + tester
  + src                                   + junit5.jar
    + time                                + check
      + Time.java                           + CheckThat.java
  + test
    + time
      + StructureTest01_Time.java
      + StructureTest02_WorldTimes.java
      + TestSuite.java
      + TimeTest.java
```

- Továbbra is ugyanabban a csomagban van a SUT és a tesztelő

Fordítás és futtatás

```
javac -cp ../tester/junit5.jar;../tester test/time/*.java src/
java -jar ../tester/junit5.jar -cp ../tester;test;src -c time.
```

CheckThat használata, elkülönülő tesztelő kód

```
'-- JUnit Platform Suite [OK]
  '-- TestSuite [OK]
    '-- JUnit Jupiter [OK]
      '-- StructureTest01_Time [OK]
        +-- test1() [OK]
        +-- test2() [OK]
        '-- test3() [OK]
```

ELTE
IK