Kivételek

- A program végrehajtása során ritkán bekövetkező események
- Nem a „fő végrehajtási ág”; logikailag alacsonyabbrendű feladat jelzése

- Hiba
- Felhasználó butaságot csinál
- Speciális/abnormális számítási eredmény

Hibák

- Más nyelvekben elképzelhető, hogy egy hiba fejreállítja a programot
  - Jó esetben csak elszáll
  - Esetleg nagy butaságot csinál, pl. elrontja az adatbázist
- Java-ban a futtató rendszer ellenőrzi a hibákat

Milyen hibák vannak?

- Nullával való osztás
- Tömb túlindexelés
- Hivatkozás „null” mutatón keresztül
- Érték túl/alulcsordulás
- Nincs meg egy fájl
- Hálózati kapcsolat megszakad

Kivétel != Hiba

- A kivételek nem mindig hibát jeleznek
- Lehet, hogy csak egy ritkán bekövetkező, vagy a feladat szempontjából kevésbé fontos eseményt

Kivétel kezelése

- Egy jól megírt, megbízható program jelentős része a kivételes eseményekkel foglalkozik
- Jó, ha van programnyelvi támogatás erre

Ha nincs kivételkezelésre támogatás

- Pl. C-ben, Pascal-ban nincs speciális eszköz a kivételek kezelésére
- Megoldás: visszatérési hibakódok, plussz paraméterek, esetvizsgálatok (elágazások)
- … vagy egyszerűen semmi …
  - lustaság
  - olvashatóság, elegancia

Kivételkezelést támogató nyelvi elemek

- Kis erőfeszítéssel, az olvashatóságot és az eleganciát megtartva lehessen kivételeket kezelni
- Általában a kivételeket kezelő kódot elválasztják a többitől, a „lényegtől”
- Az elkészült programok megbízhatóságát, olvashatóságát növelik

Tartalom

- Kivételek fellépése
- Kivételek terjedése
- Kivételek lekezelése
- Kivételek továbbterjedésének specifikálása
- Kivételek definiálása
- Kivételek kiváltása
- Különböző kivételfajták

Kivétel fellépése

- A program egy pontján, egy utasítás végrehajtása közben
- Jelezhet hibát, vagy speciális eseményt

- NullPointerException,
  ArrayIndexOutOfBoundsException
  ClassCastException
  IOException

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    int[] t;
    t[0] = 12;      // fordítási hiba
    t = new int[3];
    t[3] = 21;
  }
}
```

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    int[] t = null;
    t[0] = 12;    // NullPointerException
    t = new int[3];
    t[3] = 21;
  }
}
```

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    int[] t;
    // t[0] = 12;
    t = new int[3];
    t[3] = 21; // ArrayIndexOutOfBoundsE.
  }
}
```

Kivételek terjedése

- A hívási lánc mentén
  - A végrehajtási verem mentén
- Ha egy **`m`** metódusban kivétel lép fel, akkor az azt meghívó metódusban is fellép, azon a ponton, ahol meghívtuk az **`m`** metódust
  - hacsak persze le nem kezeljük…
- Egészen addig, amíg a main-ben is fel nem lép: ekkor leáll a program, és kiírja a kivételt
  - stack trace

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    m1(3);
    m1(80);
  }
  static void m1( int i ) {
    int[] t = new int[i];
    m2(t);
  }
  static void m2( int[] t ){ t[7] = 12; }
}
```

A "stack trace"

```
$ java A
Exception in thread "main"
  java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException
        at A.m2(A.java:10)
        at A.m1(A.java:8)
        at A.main(A.java:3)
```

- Rengeteg hasznos információ
  - Melyik végrehajtási szál
  - Milyen kivétel (hiba) lépett fel
  - Melyik fájlban, melyik sorban, melyik metódusban
  - Milyen hívási lánc mentén terjedt

Feladat

- Váltsunk ki egy hibát: osszunk le egy egész számot nullával
- Először a főprogramban
- Próbáljuk ki egy, a főprogramból meghívott metódusban
- Az osztandó és az osztó legyen parancssori argumentum

Kivétel lekezelése

- A kivétel terjedése közben egy ponton a hívási láncon lekezelhetjük
- Egy speciális vezérlési szerkezet:

try catch finally

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    m1(3);
    m1(80);
  }
  static void m1( int i ) {
    int[] t = new int[i];
    try { m2(t); } catch (Exception e){}
  }
  static void m2( int[] t ){ t[7] = 12; }
}
```

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    m1(3);
    m1(80);
  }
  static void m1( int i ) {
    int[] t = new int[i];
    try { m2(t); } catch (Exception e){}
  }
  static void m2( int[] t ){ t[7] = 12; }
}
```

Példa

```
class A {
  public static void main(String args[]){
    m1(3);
    m1(80);
  }
  static void m1( int i ) {
    int[] t = new int[i];
    try { m2(t); }
      catch (Exception e){...}
  }
  static void m2( int[] t ){ t[7] = 12; }
}
```

Példa

```
static void m1( int i ) {
  int[] t = new int[i];
  try { m2(t); }
    catch (Exception e){
      System.out.println(e);
    }
}
```

Hogyan kezeljünk le egy kivételt

- Valami értelmes dolgot csináljunk

- Próbáljuk folytatni a működést a kivétel (pl. hiba) ellenére
- Hárítsuk el a hibát, és próbálkozzunk újra
- Mentsük, ami menthető
  - Zárjuk le a fájlokat, adatbázist...

A hiba kiírása

- Sok programozó kiíratja, hogy hiba történt, és kilép a programból
- Értelmetlen módja a hiba „lekezelésének”
- Amúgy is kiírta volna a virtuális gép...

try - catch

- Védett blokk: try
- Kivételkezelő ágak: catch

- Egy védett blokkhoz több kivételkezelő ág
  - Különböző kivételekhez…
- A kivétel fajtájától függ, melyik kivételkezelő ág aktivizálódik

Példa

```
try {  ...  }
catch (NullPointerException e){ ... }
catch (IOException e){ ... }
catch (InterruptedException e){ ... }
```

Példa

```
try {
   ...
} catch (NullPointerException e){
   ...
} catch (IOException e){
   ...
} catch (InterruptedException e){
   ...
}
```

Java 7 - több kivételt ugyanúgy

```
try {
   ...
} catch (NullPointerException e){
   ...
} catch (IOException|SQLException e){
   ...
} catch (InterruptedException e){
   ...
}
```

A kivételkezelő keresése

- Ha a try blokkban kivétel lép fel, akkor a hozzá tartozó catch ágakban keres a JVM kivételkezelőt
- Sorba nézi a catch ágakat, az első megfelelő törzsét végrehajtja
- Megfelelő: ha a kivétel fajtája beletartozik a specifikált kivételosztályba

Példa

```
try {
   ... IOException fellép
} catch (NullPointerException e){
   ...
} catch (IOException e){
   ...
} catch (InterruptedException e){
   ...
}
```

Feladat

- Az előbbi feladat folytatása: kezeljük le a kivételt az osztást végző metódusban.

A kivételek is objektumok

- A kivétel fajtája - az objektum osztálya
- A kivételek hierarchiába vannak szervezve: az osztályhierarchia által
- Beletartozik egy kategóriába: altípusosság

Példa

```
try {
   ... EOFException fellép
} catch (NullPointerException e){
   ...
} catch (IOException e){
   ...
} catch (InterruptedException e){
   ...
}
```

Ha nincs megfelelő catch ág

- Ha nem találunk megfelelő kivételkezelőt, akkor a kivétel továbbterjed
  - Mintha nem is lett volna kivételkezelő rész
- A hívóban újból lehetőségünk van a kivétel lekezelésére

Példa

```
try {
   ... IndexOutOfBoundsException fellép
} catch (NullPointerException e){
   ...
} catch (IOException e){
   ...
} catch (InterruptedException e){
   ...
}
```

Hol kezeljük le a kivételt

- Ott, ahol ez értelmesen megtehető
  - ne előbb
  - ne később
- Ha nem tehető meg értelmesen, inkább engedjük, hogy a program elszálljon

Feladat

- Az előző feladat folytatása: a metódus legyen függvény, ami visszaadja az osztás eredményét. A főprogram kezeli le a kivételt. Írja ki, hogy az osztás eredménye pozitív vagy negatív végtelen, vagy esetleg definiálatlan. (0/0)

Ha sikerül lekezelni a kivételt

- A futás a kivételkezelő rész után folytatódik
  - Nem „megy vissza” a try-ba, ahol fellépett

```
<ut 1>
try {
  <ut 2>
  <ut 3>
  <ut 4>
} catch ( <exc 1> ) { <ut 5> <ut 6> <ut 7> }
  catch ( <exc 2> ) { <ut 8> <ut 9> }
  catch ( <exc 3> ) { <ut 10> }
<ut 11>
```

Ha **nem** sikerül lekezelni a kivételt

- A kivétel a hívás helyén fellép
  - Az adott metódus végrehajtása megszakad

```
<ut 1>
try {
  <ut 2>
  <ut 3>
  <ut 4>
} catch ( <exc 1> ) { <ut 5> <ut 6> <ut 7> }
  catch ( <exc 2> ) { <ut 8> <ut 9> }
  catch ( <exc 3> ) { <ut 10> }
<ut 11>
```

A kivételkezelő ágak sorrendje

- A szűkebb meg kell, hogy előzze a bővebbet

```
try { ... }
catch( EOFException e1 ){ ... }
catch( IOException e2 ){ ... }
```

- Ez így jó.

A kivételkezelő ágak sorrendje

- A szűkebb meg kell, hogy előzze a bővebbet

```
try { ... }
catch( IOException e1 ){ ... }
catch( EOFException e2 ){ ... }
```

- Ez **nem** jó. Fordítási hiba.
  - A második sohasem választódhat ki.

finally

- A try blokk és a catch ágak után írható egy finally blokk
- Azokat az utasításokat tartalmazza, amelyeket **mindenféleképpen** végre kell hajtani.

Példa

```
try { ... }
catch( ... ){ ... }
catch( ... ){ ... }
finally { ... }
```

Példa

```
try {
   ...
} catch( ... ){
   ...
} catch( ... ){
   ...
} finally {
   ...
}
```

finally: mindenképpen

- Ha nem lépett fel kivétel...
- Ha fellépett, de nem találunk megfelelő kivételkezelő ágat...
- Ha találunk...: akkor utána

Erőforráskezelés

- Nincs automatikus tárolású összetett adat
  - Tömb vagy egyéb objektum
- Destruktor nem fut automatikusan
- A finalize() elég gyenge
- Helyette: close() metódus

Egy lehetőség

```
void store (String data) throws SQLException {
   Connection c = makeConnection();
   try {
      Statement s = c.createStatement();
      try {
         s.executeUpdate(...);
      } finally { s.close(); }
   } finally { c.close(); }
}
```

Egy másik

```
void store (String data) throws SQLException {
   Connection c = null;
   Statement s = null;
   try {
      c = makeConnection();
      s = c.createStatement();
      s.executeUpdate(...);
   } finally {
      if( s != null ) try{ s.close(); }
                      catch( Throwable t ){ ... }
      if( c != null ) c.close();
   }
}
```

Java 7-től

```
void store (String data) throws SQLException {
 try(
  Connection c = makeConnection();
  Statement s = c.createStatement();
    ){
  s.executeUpdate(...);
 }
}
```

try-with-resource
java.lang.AutoCloseable

Továbbterjedés specifikálása

- Ha egy kivétel fellép egy metódusban, akkor:
  vagy le kell kezelni
  vagy jelezni kell, hogy továbbadhatjuk

- A metódusok specifikációja tartalmazza a metódusban fellépő lehetséges kivételeket
- A paraméterlista és a törzs között
- throws utasítás

Példa

```
public static void main(String args[]){
   try {
     InputStream in =
       new FileInputStream("input.txt");
     ...
   } catch (IOException e) { ... }
}
```

Példa

```
public static void main(String args[])
throws IOException {
  InputStream in =
    new FileInputStream("input.txt");
  ...
}
```

Szabályozott terjedés

- Ha egy művelet kiválthat egy kivételt, akkor a művelet használója tudni fog róla
- Pl. lekezelheti
- Ha nem, neki is specifikálnia kell, így az őt használó is tudomást szerez a kivételről

- A kivétel olyan, mint egy speciális visszatérési érték

Lekezelt SQLException

```
void store (String data){
   try {
      Connection c = makeConnection();
      try {
         Statement s = c.createStatement();
         try {
            s.executeUpdate(...);
         } finally { s.close(); }
      } finally { c.close(); }
   } catch( SQLException e ){ ... }
}
```

```
void store (String data){
Connection c;
try {
    c = makeConnection();
    try {
    Statement s = c.createStatement();
    try {
    s.executeUpdate(...);
    } catch( SQLException e ){
    ...
    } finally {
    try{ s.close(); } catch(SQLException e){...}
    }
    } finally {
       try{ c.close(); } catch(SQLException e){...}
    }
} catch(SQLException e){...}
}
```

információvesztés?

Milyen kivételt látunk?

```
Resource r = ...
try {
    ...
} finally {
    ...
}
```

```
try (
    Resource r = ...
){
    ...
}
```

Minden kivétel feldolgozása

```
void store (String data) throws SQLException {
    try(
        Connection c = makeConnection();
        Statement s = c.createStatement();
    ){
        s.executeUpdate(...);
    } catch( Exception e ){
        ... e ...
        for( Throwable t: e.getSuppressed() ){
            ... t ...
        }
    }
}
```

RuntimeException

- Vannak olyan kivételek, amelyeket nem kell lekezelni vagy a továbbterjedését specifikálni
- Túl sok helyen felléphetnek
  - Lényegében a program minden pontján
- Elbonyolítaná a programot, ha ...
- Általában programozói hibát jelentenek, nem „kivételes eseményt”

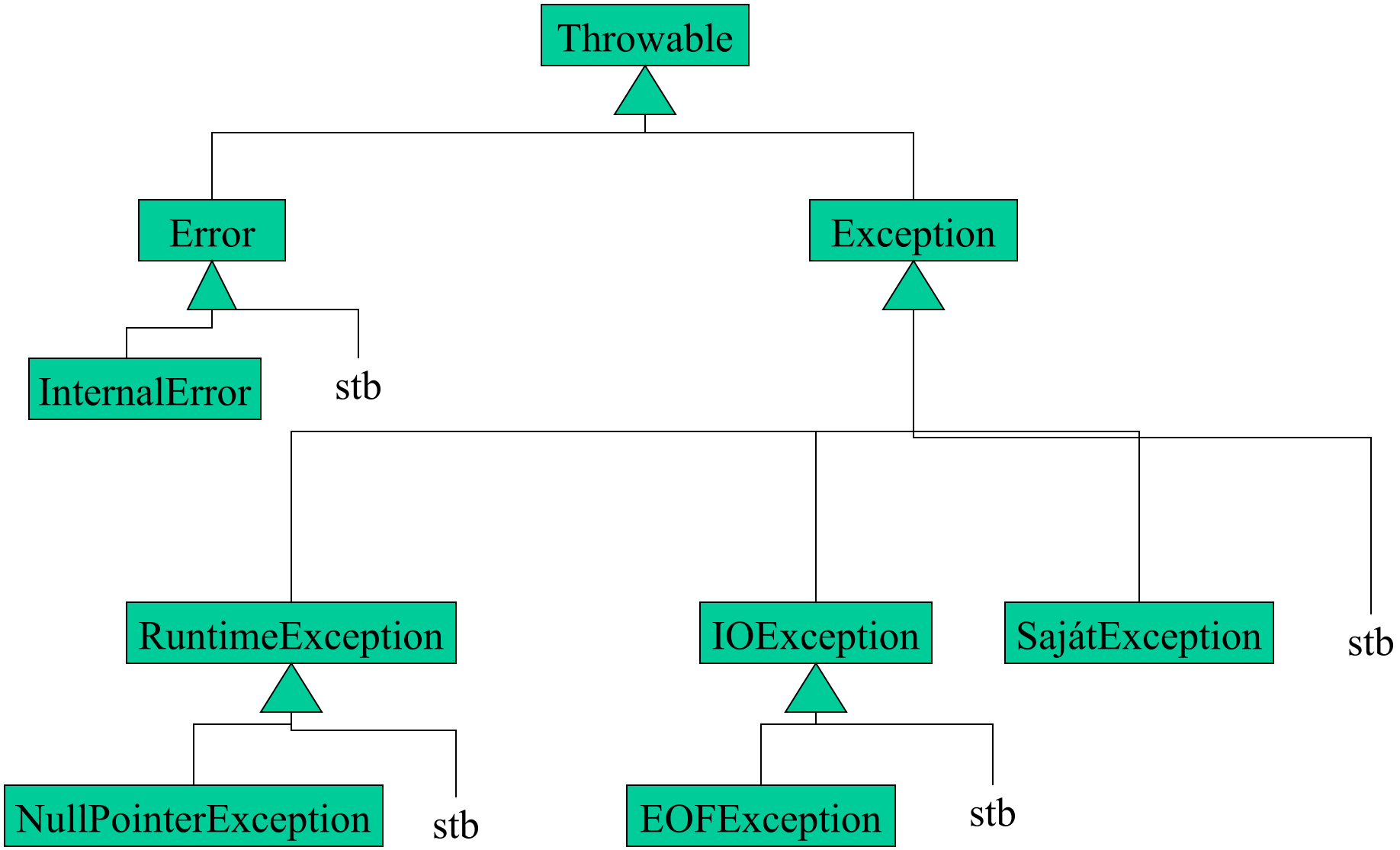
Mik ezek

- NullPointerException
  - Bármelyik objektumhivatkozásnál
- ArrayIndexOutOfBoundsException
  - Bármelyik tömbindexelésnél
- ArithmeticException
  - Bármelyik egész osztáskor
- stb.

Programozói hibák

- A programozó általában úgy írja meg a programját, hogy vigyáz arra, hogy ne legyenek programozói hibák
- Sokszor felesleges hibakezelést betenni, vagy specifikálni a továbbterjedést
- Persze megengedett mind a lekezelés, mind a továbbterjedés specifikációja

A kivételosztályok hierarchiája



Az Error leszármazottjai

- Fatális hibák: már nincs mit tenni...
- Nem kötelező lekezelni vagy a terjedést specifikálni
- Például:
  - OutOfMemoryError ClassFormatError InstantiationError LinkageError NoClassDefFoundError VirtualMachineError StackOverflowError

A RuntimeException leszármazottai

- Az előbb már beszéltünk róluk
- Programozói hibát jeleznek
- NullPointerException
  ArrayIndexOufOfBoundsException
  ArithmeticException

Az Exception egyéb leszármazottai

- Ezekből van a legtöbb
- Kivételes esemény
- Vagy lekezeljük, vagy specifikáljuk a terjedésüket
- Például
  - IOException, FileNotFoundException, InterruptedException, SQLException

Saját kivételosztályok

- Saját kivételes események jelzése
- Nagy divat...
- Célszerű az Exception osztályból leszármaztatni
  - ne a RuntimeException osztályból
- Sima osztálydefiníció
- Eltárolhatunk egy kivételben információt a fellépés okáról

Példa

```
public class VeremMegteltException
                    extends Exception {
  public VeremMegteltException(){ super(); }
  public VeremMegteltException( String s ){
    super(s);
  }
  public Object nemFértBele;
  public VeremMegteltException( Object o ){
    nemFértBele = o;
  }
}
```

Kivétel kiváltása

- A saját kivételeinket mi magunk válthatjuk ki, jelezve a kivételes esemény bekövetkezését
- A predefinit kivételeket is kiválthatjuk, sőt, akár még Error-okat is
- A throw kulcsszót kell használni, és utána megadni egy kivétel példányt

Példa

```
public void push( Object o )
  throws VeremMegteltException
  {
    if( tele() )
      throw new VeremMegteltException(o);
    else
      ...
  }
```

Példa (tömbös ábrázolás)

```
public void push( Object o )
  throws VeremMegteltException
  {
    try {
      elemek[veremtető] = o;
      veremtető ++;
    } catch( ArrayIndexOutOfBoundsException e ){
      throw new VeremMegteltException(o);
    }
  }
```

Feladat

- A Sor osztály kiegészítése saját kivételosztályokkal és kivételkezeléssel
- A mátrixösszeadásos program kiegészítése saját kivételosztállyal és kivételkezeléssel

Kivétel újrakiváltása

- Lehet, hogy egy ponton még nem tudunk teljesen lekezelni egy kivételt
- Tovább is adjuk a hívónak
- Nem hozunk létre új kivételpéldányt
- és a fillInStackTrace

Példa

```
try {
   ...
} catch ( Exception e ){
   log.println(e);
   throw e;
}
```

- Ilyenkor látszik, hogy a kivétel nem itt keletkezett
- A printStackTrace() kimutatja

Példa

```
class A {

  public static void main( String args[] ){
    első();
  }

  static void első(){ második(); }

  static void második() {
    throw new NullPointerException();
  }
}
```

```
Exception in thread "main” java.lang.NullPointerException
        at A.második(A.java:10)
        at A.első(A.java:7)
        at A.main(A.java:4)
```

Példa

```
class A {

  public static void main( String args[] ){
    try{ első(); }
    catch( Exception e ){ System.err.println(e); }
  }

  static void első(){ második(); }

  static void második() {
    throw new NullPointerException();
  }
}
```

```
java.lang.NullPointerException
```

Példa

```
class A {

  public static void main( String args[] ){
    try{ első(); }
    catch( Exception e ){ e.printStackTrace(); }
  }

  static void első(){ második(); }

  static void második() {
    throw new NullPointerException();
  }
}
```

```
Exception in thread "main” java.lang.NullPointerException
        at A.második(A.java:15)
        at A.első(A.java:10)
        at A.main(A.java:4)
```

```
class A {
  public static void main( String args[] ){ első(); }

  static void első(){
    try { második(); }
    catch( NullPointerException e ){ throw e; }
  }

  static void második() {
    throw new NullPointerException();
  }
}
Exception in thread "main” java.lang.NullPointerException
        at A.második(A.java:10)
        at A.első(A.java:5)
        at A.main(A.java:2)
```

```
class A {
  public static void main( String args[] ){ első(); }

  static void első(){
    try { második(); }
    catch( NullPointerException e )
        { e.fillInStackTrace(); throw e; }
  }

  static void második() {
    throw new NullPointerException();
  }
}
Exception in thread "main” java.lang.NullPointerException
        at A.első(A.java:7)
        at A.main(A.java:2)
```

Feladat

- Az osztásos példában dobjuk el újra a kivételt, ha a 0/0 eset van.

Polimorfizmus és kivételek

- Metódus felüldefiniálásakor az új metódus által kiváltható kivételek csak specifikusabbak lehetnek
- Azaz a leszármazott metódusa nem válthat ki több kivételt, mint az ős metódusa
- Kivétel elmaradhat, vagy lehet helyette specifikusabb (leszármazott kivétel)

Példa

```
class A {
  public void m(int i)
    throws IOException, InterruptedException { ... }
}

class B extends A {
  public void m(int i)
    throws EOFException { ... }
}
```

Előfeltételek ellenőrzése

- IllegalArgumentException
- assert utasítás