Програмування-1

Лекція 13

Exceptions

Exception

- Терміни:
  - Виняток
    - дослівний переклад, не вірно по суті
  - Виняткова ситуація
    - вірно по суті, але довго вимовляти
  - Ексепшн
    - суржик, але зручно ☺

Навіщо потрібні Exceptions?

- Якщо десь щось пішло не так, програма має про це знати
- За допомогою Exception сервіс може сповістити про проблему

Способи сповістити про проблему

- Застарілі підходи
  - встановлення/перевірка прапорця помилки
  - повертання/перевірка коду помилки
- Сучасні підходи
  - checked exceptions (Java)
  - unchecked exceptions (Java, C#, C++, ...)

Прапорець помилки (приклад на мові Pascal)

Вірно	Невірно

procedure WriteToFile(s: string);
var
  f : textfile;
begin
  AssignFile(f, 'TargetComp.txt');
  Rewrite(f);
  Error := IOResult;
  if Error then
  ShowMessage('Error opening file = ' + inttostr(Error))
  else
  begin
  WriteLn(f, s);
  Error := IOResult;
  if Error then
  ShowMessage('Error writing to file = ' + inttostr(Error));
  end;
  Closefile(f);
end;
	procedure WriteToFile(s: string);
	var
	  f : textfile;
	begin
	  AssignFile(f, 'TargetComp.txt');
	  Rewrite(f);
	
	  WriteLn(f, s);
	
	  Closefile(f);
	end;

Повертання коду помилки (приклад на мові C)

Вірно	Невірно

#include <stdio.h>
int main ()
{
  FILE * pFile;
  pFile = fopen ("myfile.txt","wt");
  if (pFile == NULL)
  { // NULL return value: File Open Error
  return -1;
  }
  if (fprintf (pFile, "example") < 0)
  { // Negative return value: Write Error
  fclose (pFile);
  return -1;
  };
  if (fclose (pFile) == EOF)
  { // return value == EOF: Close Error
  return -1;
  };
  return 0;
}
	#include <stdio.h>
	int main ()
	{
	  FILE * pFile;
	  pFile = fopen ("myfile.txt", "wt");
	
	  fprintf (pFile, "example");
	
	  fclose (pFile);
	
	  return 0;
	}

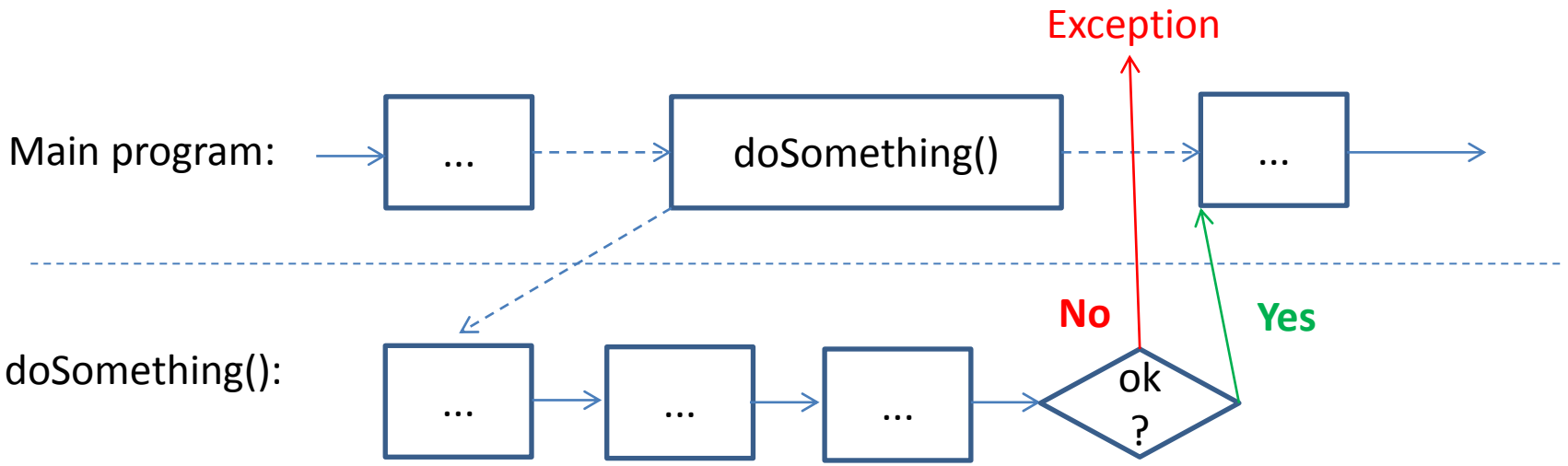
Недоліки застарілих підходів

- Програміст може забути або полінуватися написати код для обробки помилки

- Перемішування коду для позитивного та негативного сценаріїв робить код менш читабельним

Exception

- За допомогою Exception сервіс може повідомити основну програму про помилку



Exception

```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static void doSomething() {
14          int a=1/0;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          doSomething();
19      }
20  }
```

javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
        at javaapplication7.ExceptionDemo.doSomething(ExceptionDemo.java:14)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo.java:18)
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
```

Exception propagation

- Якщо було згенеровано exception, який не було «спіймано», то даний метод завершується аварійно
- При цьому exception «вилітає» у той метод, з якого був здійснений виклик даного методу
- Якщо його і там не було «спіймано», exception вилітає ще вище
- Якщо його не спіймали у main(), то програма завершується аварійно

Exception propagation

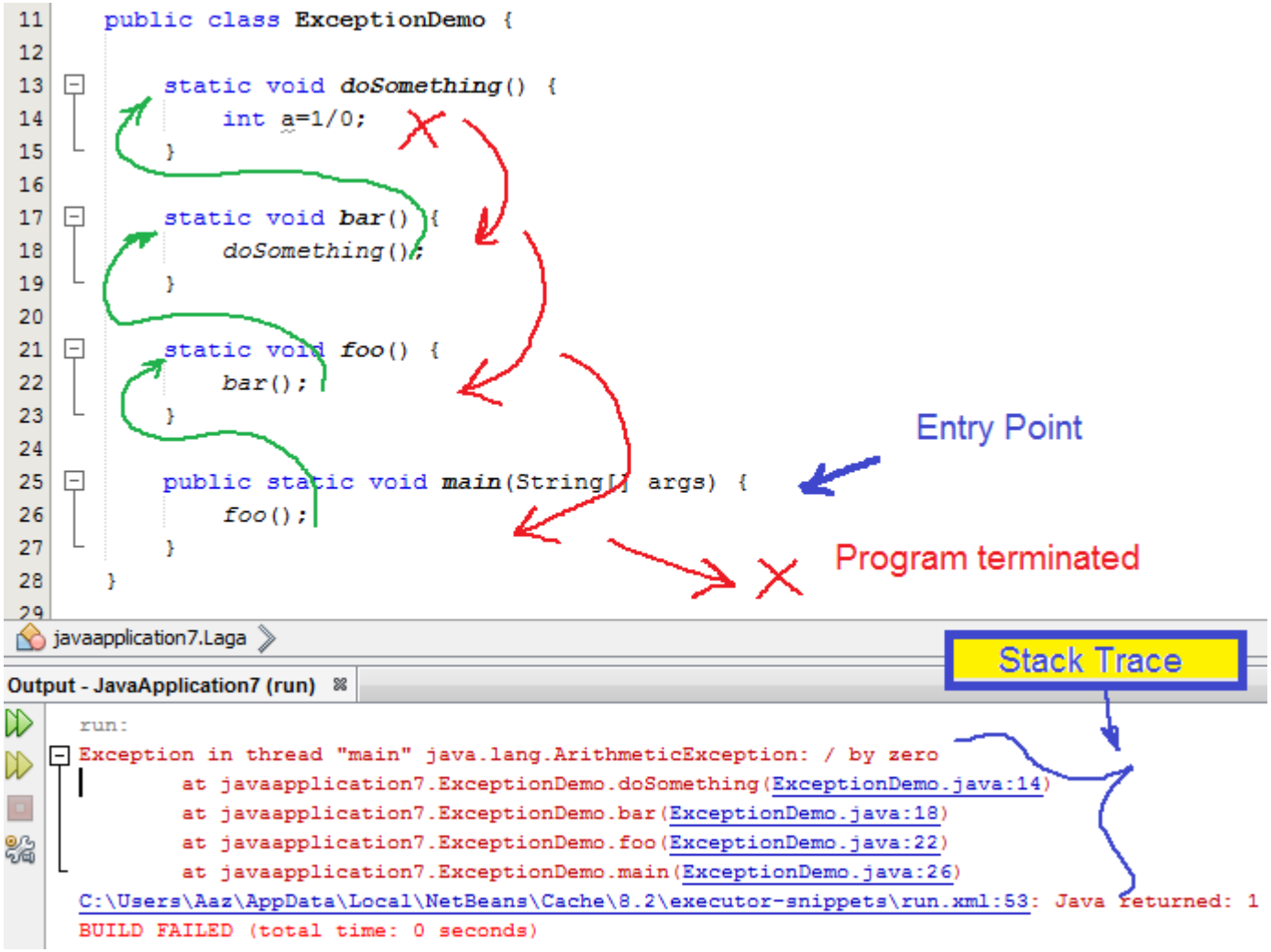
```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static void doSomething() {
14          int a=1/0;
15      }
16
17      static void bar() {
18          doSomething();
19      }
20
21      static void foo() {
22          bar();
23      }
24
25      public static void main(String[] args) {
26          foo();
27      }
28  }
29
```

javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
        at javaapplication7.ExceptionDemo.doSomething(ExceptionDemo.java:14)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.bar(ExceptionDemo.java:18)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.foo(ExceptionDemo.java:22)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo.java:26)
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
```

Exception propagation



Exception propagation

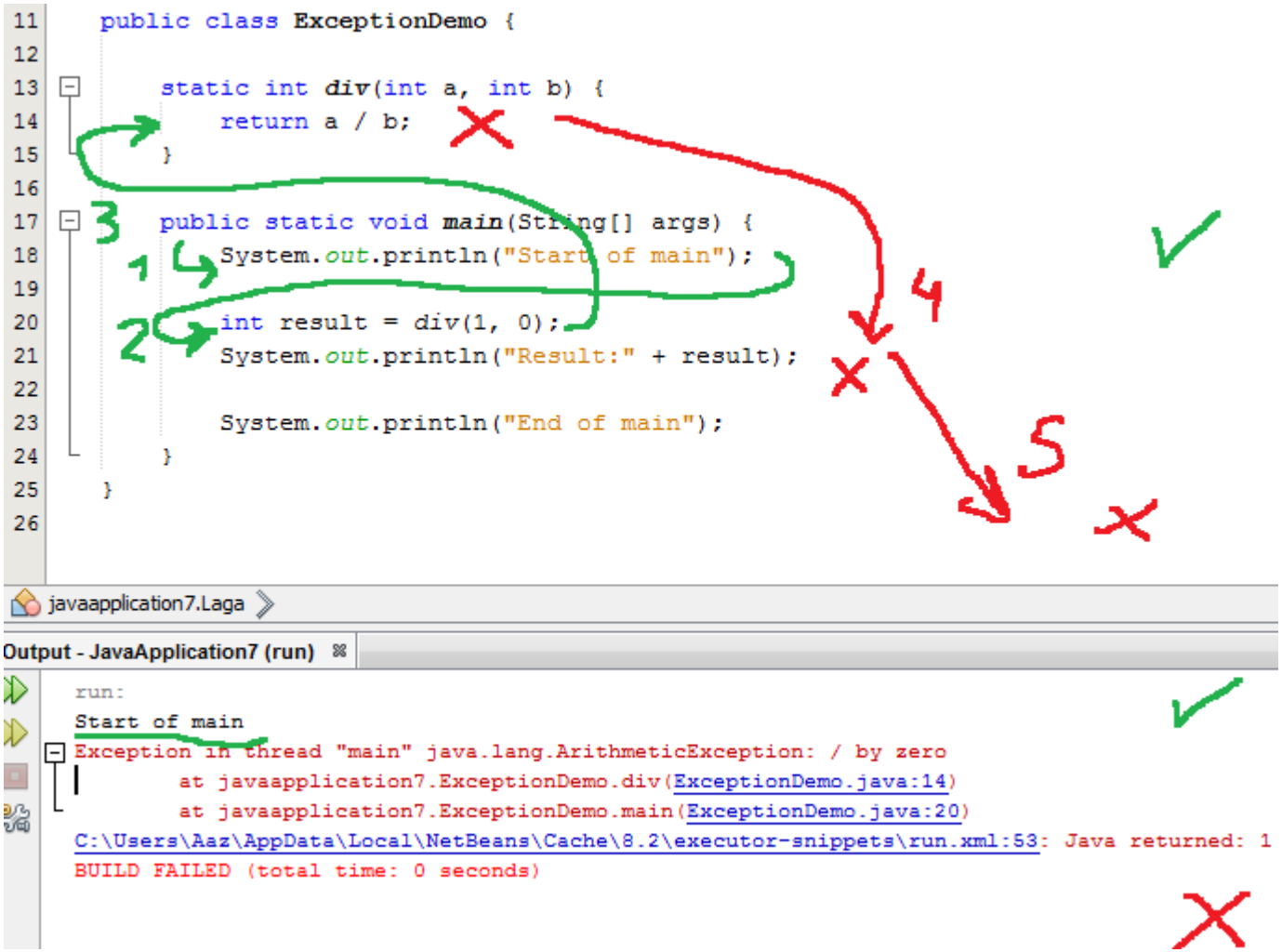
```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          return a / b;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          System.out.println("Start of main");
19
20          int result = div(1, 0);
21          System.out.println("Result:" + result);
22
23          System.out.println("End of main");
24      }
25  }
26
```

javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Start of main
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
        at javaapplication7.ExceptionDemo.div(ExceptionDemo.java:14)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo.java:20)
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
```

Exception propagation



```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          return a / b;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          System.out.println("Start of main");
19
20          int result = div(1, 0);
21          System.out.println("Result:" + result);
22
23          System.out.println("End of main");
24      }
25  }
26
```


javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Start of main
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
        at javaapplication7.ExceptionDemo.div(ExceptionDemo.java:14)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo.java:20)
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
```

try-catch

```
try {
        <Небезпечний код>;
} catch (<ExceptionType> ex) {
        <Обробка виняткової ситуації>;
}
```

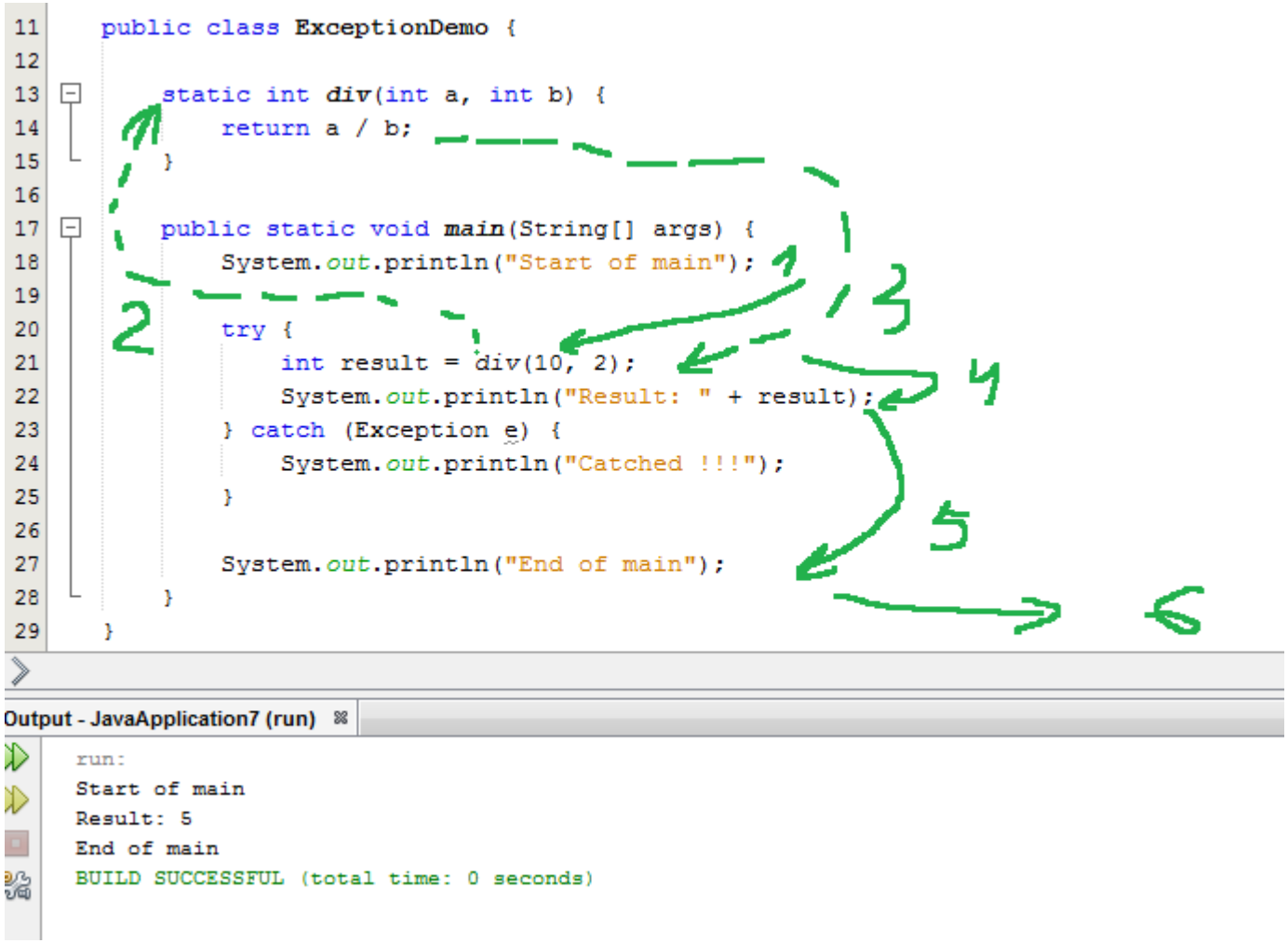
try-catch

```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          return a / b;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          System.out.println("Start of main");
19
20          try {
21              int result = div(10, 2);
22              System.out.println("Result: " + result);
23          } catch (Exception e) {
24              System.out.println("Catched !!!");
25          }
26
27          System.out.println("End of main");
28      }
29  }
```

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Start of main
Result: 5
End of main
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

try-catch



```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          return a / b;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          System.out.println("Start of main");
19
20          try {
21              int result = div(10, 2);
22              System.out.println("Result: " + result);
23          } catch (Exception e) {
24              System.out.println("Catched !!!");
25          }
26
27          System.out.println("End of main");
28      }
29  }
```


Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Start of main
Result: 5
End of main
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

try-catch

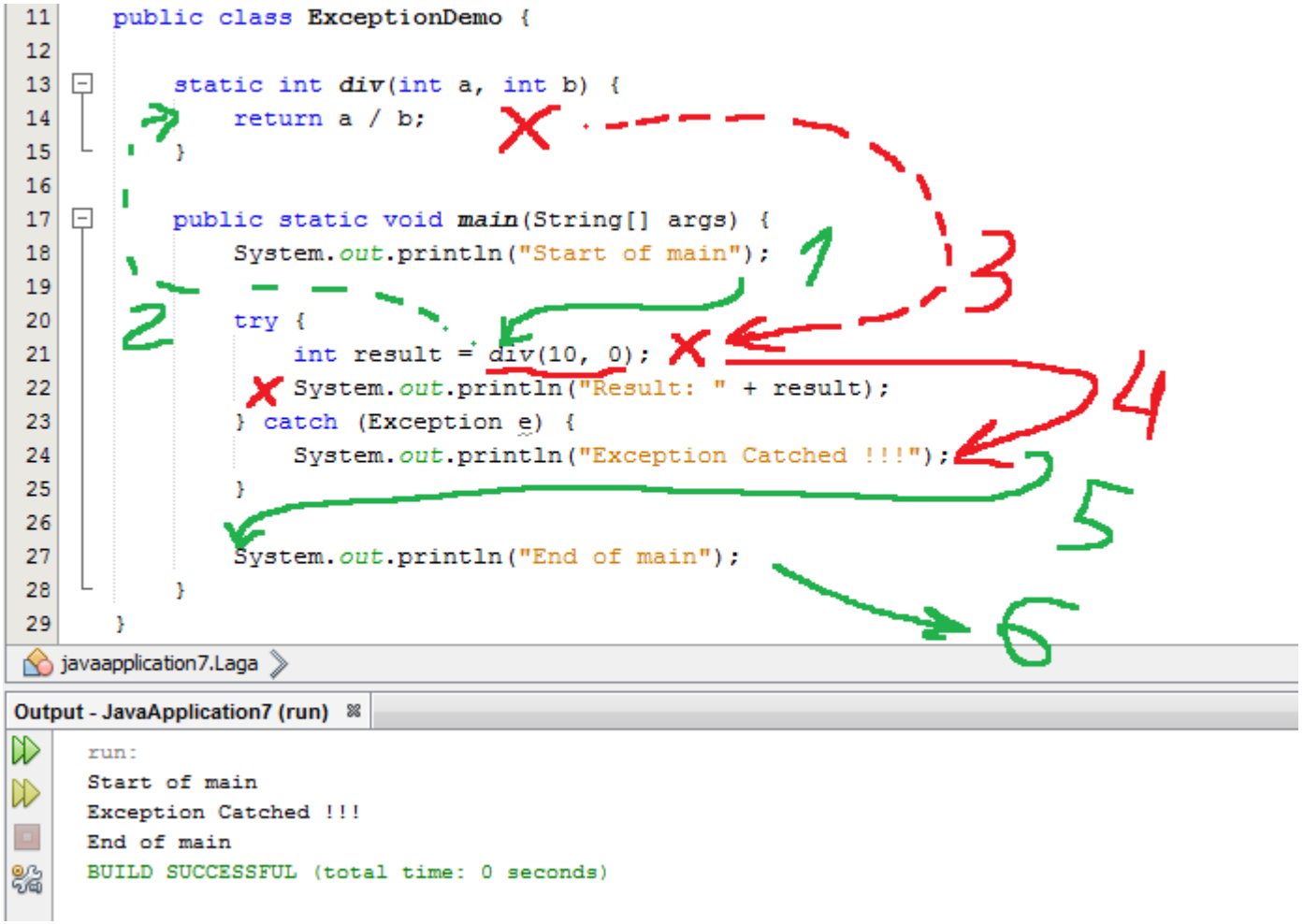
```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          return a / b;
15      }
16
17      public static void main(String[] args) {
18          System.out.println("Start of main");
19
20          try {
21              int result = div(10, 0);
22              System.out.println("Result: " + result);
23          } catch (Exception e) {
24              System.out.println("Exception Catched !!!");
25          }
26
27          System.out.println("End of main");
28      }
29  }
```

javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

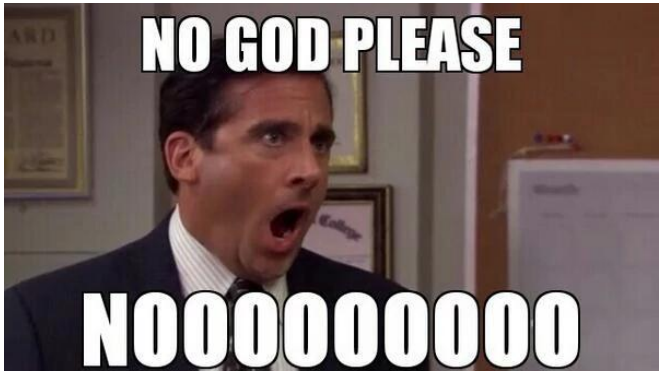
```
run:
Start of main
Exception Catched !!!
End of main
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

try-catch


11 public class ExceptionDemo {
12
13 static int div(int a, int b) {
14 return a / b;
15 }
16
17 public static void main(String[] args) {
18 System.out.println("Start of main");
19
20 try {
21 int result = div(10, 0);
22 System.out.println("Result: " + result);
23 } catch (Exception e) {
24 System.out.println("Exception Catched !!!");
25 }
26
27 System.out.println("End of main");
28 }
29 }
javaapplication7.Laga
Output - JavaApplication7 (run)
run:
Start of main
Exception Catched !!!
End of main
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)

try-catch: Never do this!

```
try {
        //
        //   Небезпечний код
        //
} catch (Exception ex) {}
```



try-catch vs if

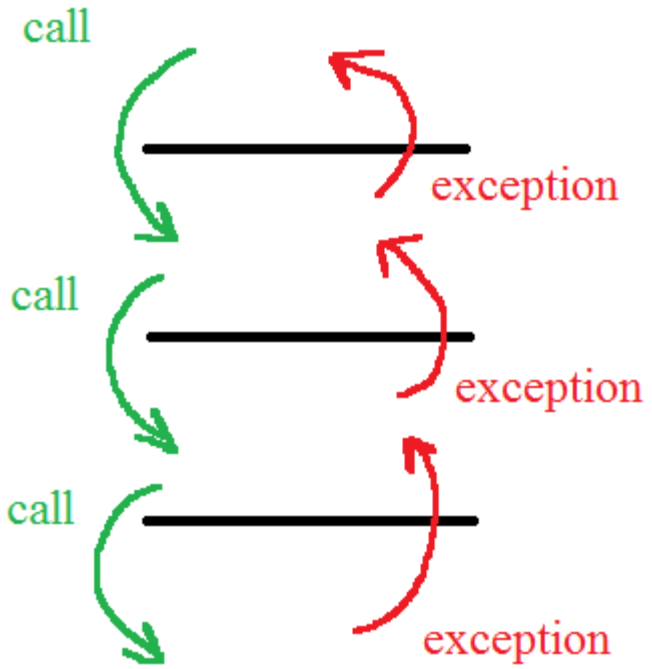
- Ніколи не використовуйте try-catch у якості операторів управління потоком виконання (if, break, return, ...) при реалізації позитивних сценаріїв виконання
- try-catch працює значно повільніше ніж if
- Тому try-catch потрібно використовувати для обробки лише виняткових ситуацій

try-catch vs if

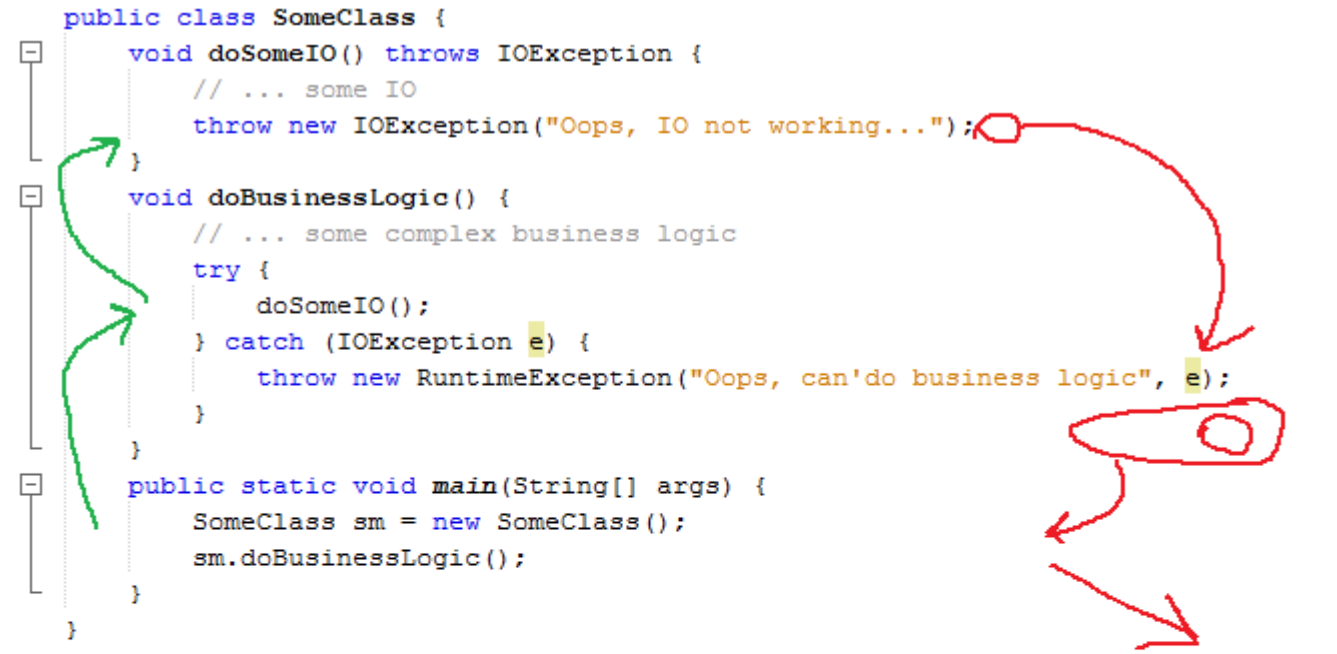
```
class Something {

    void doSomething() {
    }
}

class SomeClass {

    public static void main(String[] args) {

        Something s = null;
        // ...

        // NEVER do this:
        try {
            s.doSomething();
        } catch (NullPointerException npe) {
            System.out.println("Oh no! Another NullPointerException");
        }

        // Do this:
        if (s !=null) {
            s.doSomething();
        }

    }
}
```

Root cause

- Root cause – виняткова ситуація, яка стала причиною виникнення іншої виняткової ситуації



Root cause

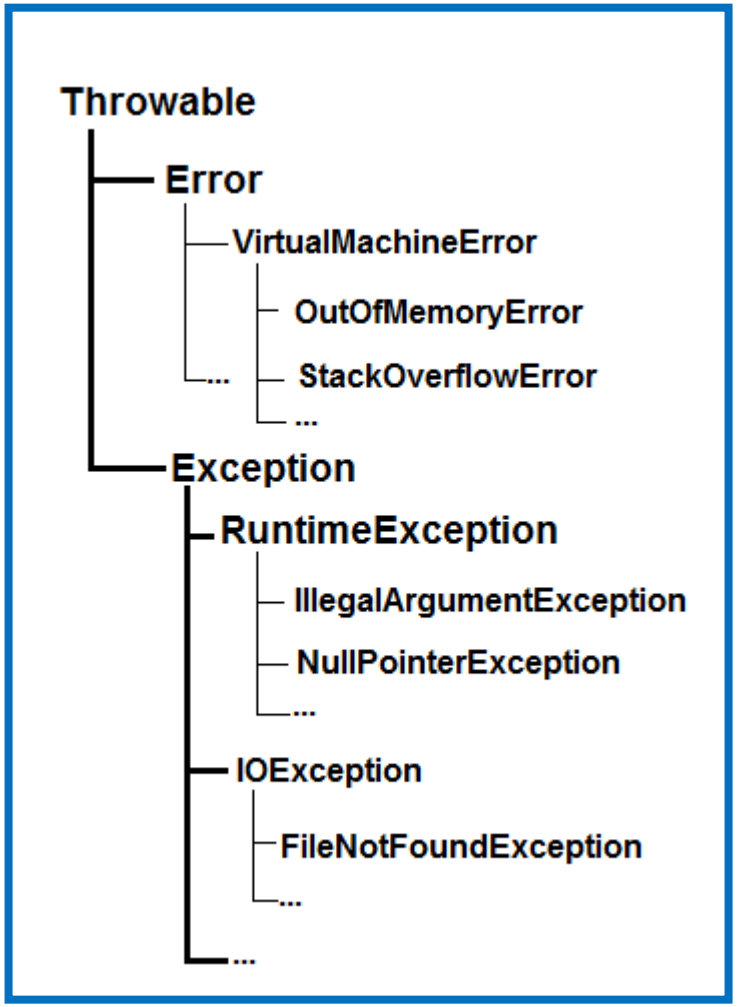


```
public class SomeClass {
    void doSomeIO() throws IOException {
        // ... some IO
        throw new IOException("Oops, IO not working...");
    }
    void doBusinessLogic() {
        // ... some complex business logic
        try {
            doSomeIO();
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException("Oops, can'do business logic", e);
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
        SomeClass sm = new SomeClass();
        sm.doBusinessLogic();
    }
}
```

```
ut - JavaApplication7 (run)
run:
Exception in thread "main" java.lang.RuntimeException: Oops, can'do business logic
        at javaapplication7.SomeClass.doBusinessLogic(SomeClass.java:27)
        at javaapplication7.SomeClass.main(SomeClass.java:33)
Caused by: java.io.IOException: Oops, IO not working...
        at javaapplication7.SomeClass.doSomeIO(SomeClass.java:18)
        at javaapplication7.SomeClass.doBusinessLogic(SomeClass.java:25)
        ... 1 more
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 1 second)
```

Класи виняткових ситуацій

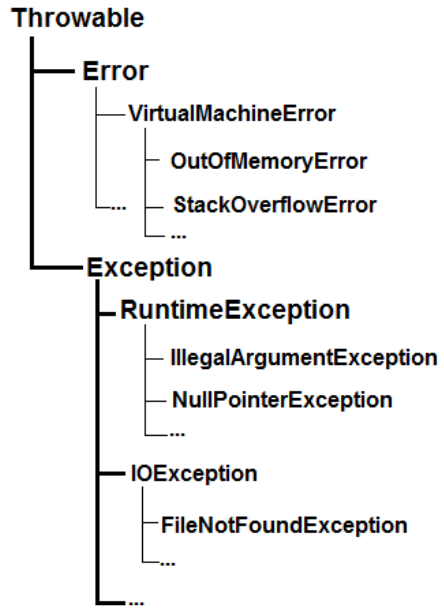
- Їх багато
  - насправді дуже багато ☺
  - Кожний описує певний тип проблем
- Перед тим, як вигадувати свій - краще заглянути у JavaDoc
  - Якщо стандартного не знайшлося, можна вигадувати свій власний



Класи виняткових ситуацій

- Можна відловлювати виключення більш широкого типу

- Але краще не потрібно

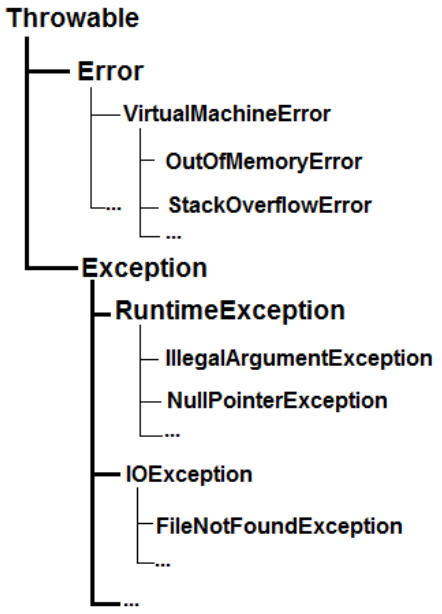


Класи виняткових ситуацій

```
try {
    FileInputStream fis = new FileInputStream("MyFile.txt");
} catch (FileNotFoundException ex) {
    //  ...
}
```

```
try {
    FileInputStream fis = new FileInputStream("MyFile.txt");
} catch (IOException ex) {
    //  ...
}
```

```
try {
    FileInputStream fis = new FileInputStream("MyFile.txt");
} catch (Exception ex) {
    //  ...
}
```



Класи виняткових ситуацій

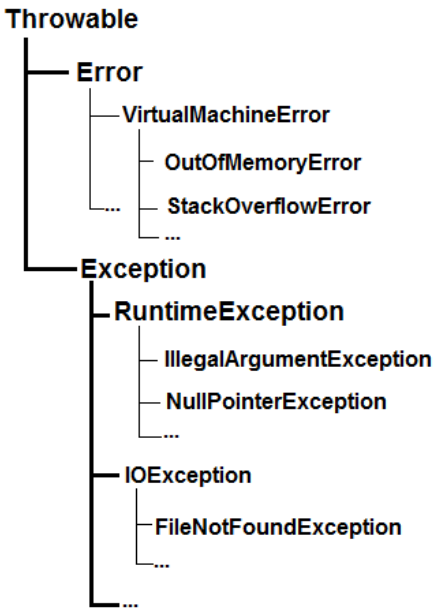
- У одного блока **try** може бути кілька catch для різних типів

```
try {
        // code that might throw one or more exceptions
} catch (MyException e1) {
        // code to execute if a MyException exception is thrown
} catch (MyOtherException e2) {
        // code to execute if a MyOtherException exception is  thrown
} catch (Exception e3) {
        // code to execute if any other exception is thrown
}
```

Класи виняткових ситуацій

- Якщо у одного try є кілька catch для виняткових ситуацій, класи яких знаходяться у відношенні IS-A, вони мають йти «від конкретного до загального»
  - інакше помилка компіляції

```
try {
   FileInputStream fis = new FileInputStream("MyFile.txt");
} catch (FileNotFoundException ex) {
   // ...
} catch (IOException ex) {
   // ...
} catch (Exception ex) {
  // ...
}
```



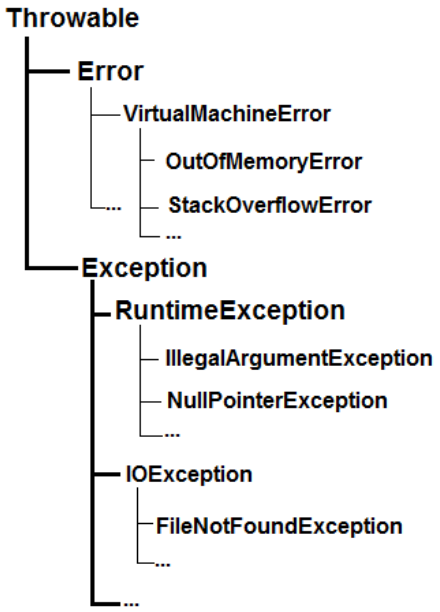
Класи виняткових ситуацій

```
try {

   FileInputStream fis = new FileInputStream("MyFile.txt");

} catch (Exception ex) {
   // ...
} catch (FileNotFoundException ex) {
   // ...
} catch (IOException ex) {
   // ...
}
```

Помилка компіляції :

exception java.io.FileNotFoundException
has already been caught

exception java.io.IOException
has already been caught



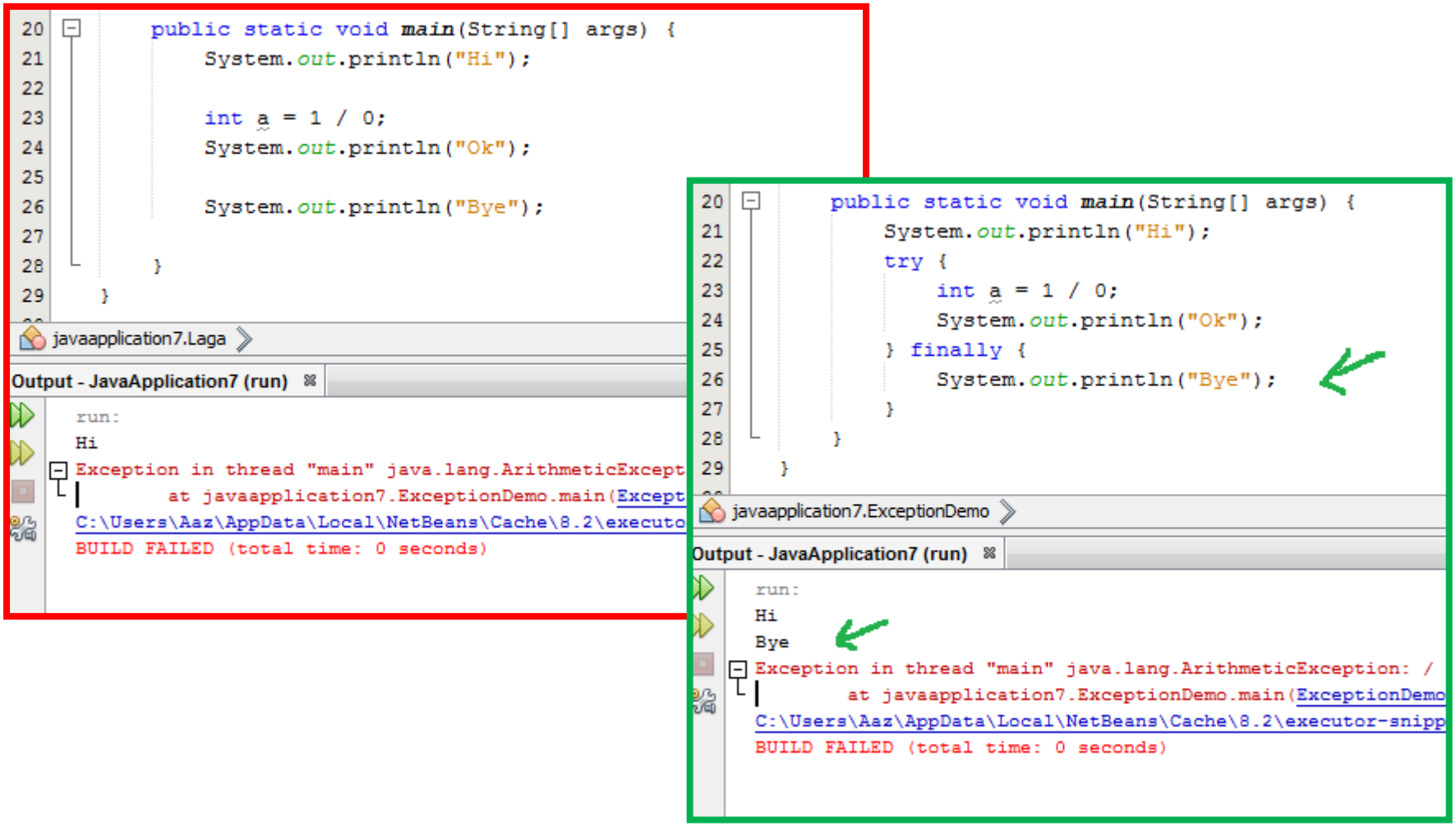
try-catch-finally

```
try {
        <Небезпечний код>;
} catch (<ExceptionType> ex) {
        <Обробка виняткової ситуації>;
} finally {
        <Фрагмент коду, який має виконатись незалежного від
        того був exception чи ні>;
}
```

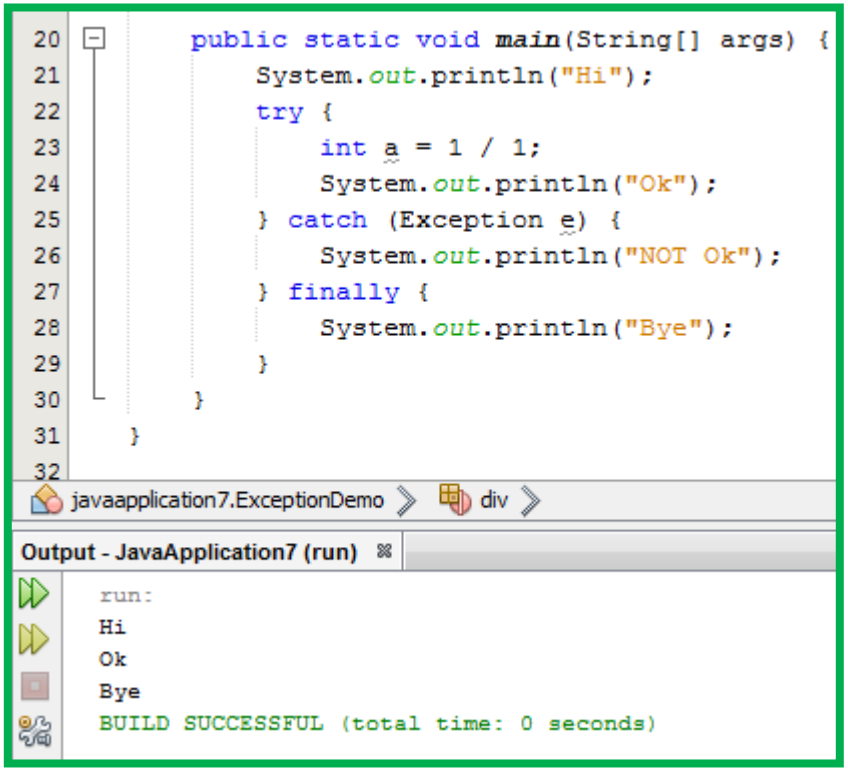
try-catch-finally

- Можна робити:
  - try-catch
  - try-finally
  - try-catch-finally
- finally спрацьовує завжди
  - навіть при break, continue, return, throw
  - може не спрацювати при зупинці ВМ
    - System.exit(1);
  - може не доробити до кінця, якщо всередині finally буде викинуто новий Exception

finally


20 public static void main(String[] args) {
21 System.out.println("Hi");
22
23 int a = 1 / 0;
24 System.out.println("Ok");
25
26 System.out.println("Bye");
27
28 }
29 }
javaapplication7.Laga
Output - JavaApplication7 (run)
run:
Hi
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticExcept
at javaapplication7.ExceptionDemo.main(Except
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executo
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
20 public static void main(String[] args) {
21 System.out.println("Hi");
22 try {
23 int a = 1 / 0;
24 System.out.println("Ok");
25 } finally {
26 System.out.println("Bye");
27 }
28 }
29 }
javaapplication7.ExceptionDemo
Output - JavaApplication7 (run)
run:
Hi
Bye
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: /
at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snipp
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)

finally

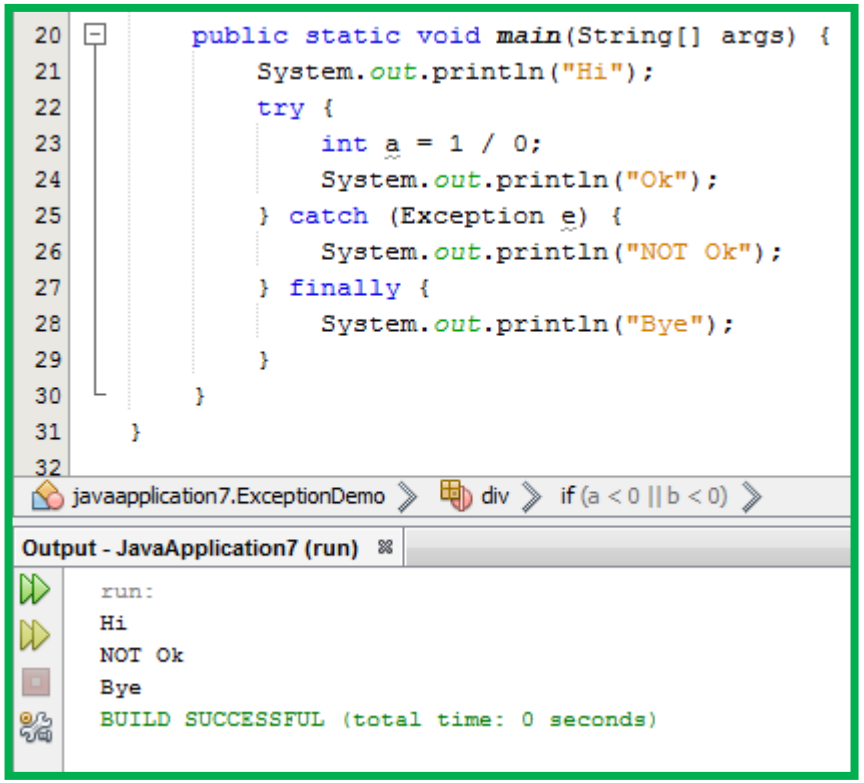


```
20      public static void main(String[] args) {
21          System.out.println("Hi");
22          try {
23              int a = 1 / 1;
24              System.out.println("Ok");
25          } catch (Exception e) {
26              System.out.println("NOT Ok");
27          } finally {
28              System.out.println("Bye");
29          }
30      }
31  }
32
```

javaapplication7.ExceptionDemo > div >

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Hi
Ok
Bye
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```



```
20      public static void main(String[] args) {
21          System.out.println("Hi");
22          try {
23              int a = 1 / 0;
24              System.out.println("Ok");
25          } catch (Exception e) {
26              System.out.println("NOT Ok");
27          } finally {
28              System.out.println("Bye");
29          }
30      }
31  }
32
```

javaapplication7.ExceptionDemo > div > if (a < 0 || b < 0) >

Output - JavaApplication7 (run)

```
run:
Hi
NOT Ok
Bye
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

throw

- throw – «викидає» exception назовні
  - слід використовувати у разі якщо щось пішло не так (аварійні випадки)
  - ніколи не використовуйте **throw** у якості оператора управління потоком виконання
    - для цього є if, break, return тощо

throw - приклад

- Наприклад, хочемо заборонити ділити від’ємні значення

```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          if (a < 0 || b < 0) {
15              throw new ArithmeticException();
16          }
17          return a / b;
18      }
19
```

throw - приклад

```
11  public class ExceptionDemo {
12
13      static int div(int a, int b) {
14          if (a < 0 || b < 0) {
15              throw new ArithmeticException();
16          }
17          return a / b;
18      }
19
20      public static void main(String[] args) {
21          System.out.println("10 / 2 = ");
22          System.out.println(div(10, 2));
23
24          System.out.println("10 / -2 = ");
25          System.out.println(div(10, -2));
26      }
27  }
28
```

javaapplication7.Laga

Output - JavaApplication7 (run)

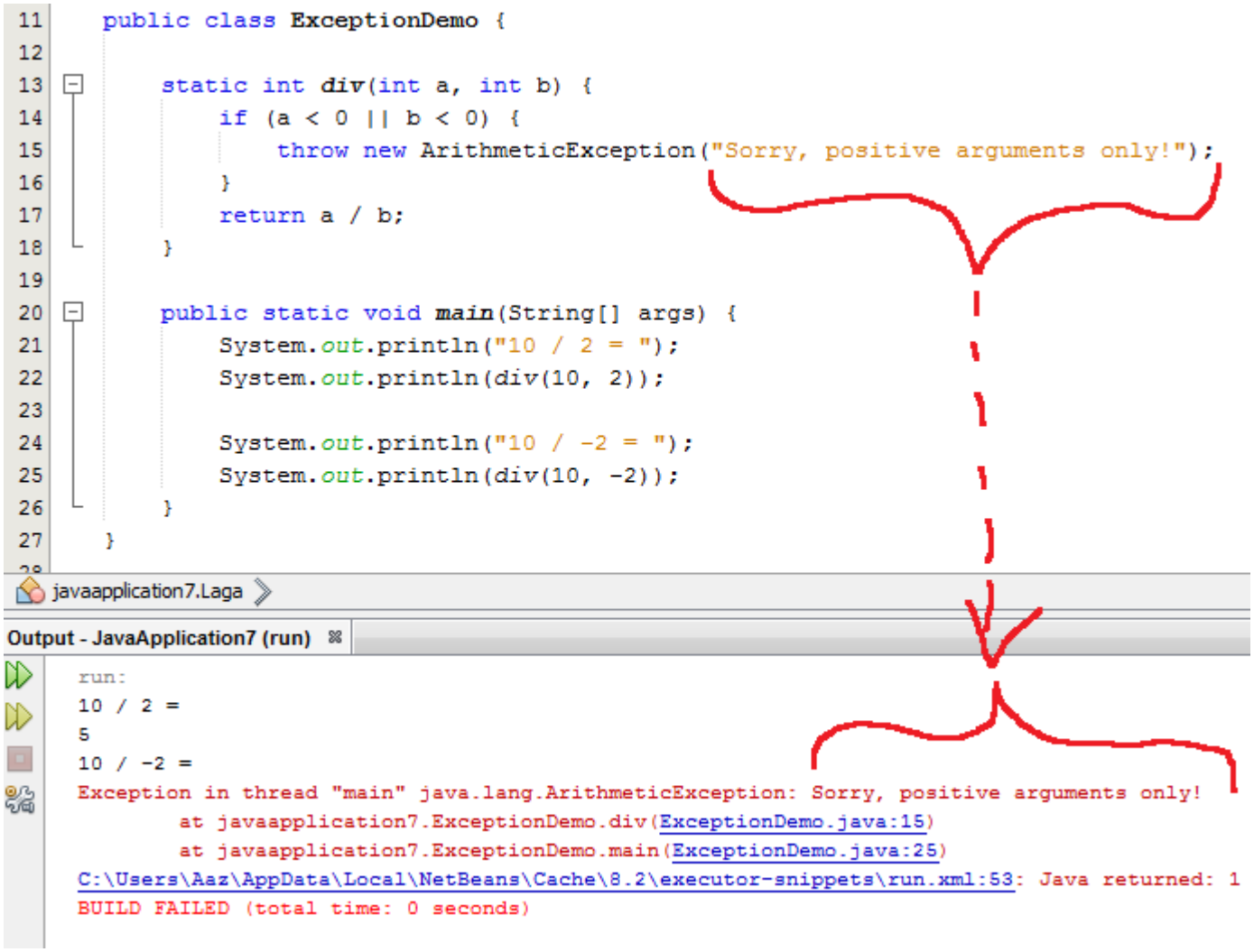
```
run:
10 / 2 =
5
10 / -2 =
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException
        at javaapplication7.ExceptionDemo.div(ExceptionDemo.java:15)
        at javaapplication7.ExceptionDemo.main(ExceptionDemo.java:25)
C:\Users\Aaz\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.2\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
```

throw new Exception(...)

- У конструктор Exception можна передати String, який буде відображено у stack trace

```
static int div(int a, int b) {
    if (a < 0 || b < 0) {
        throw new ArithmeticException("Sorry, positive arguments only!");
    }
    return a / b;
}
```

throw new Exception(...)



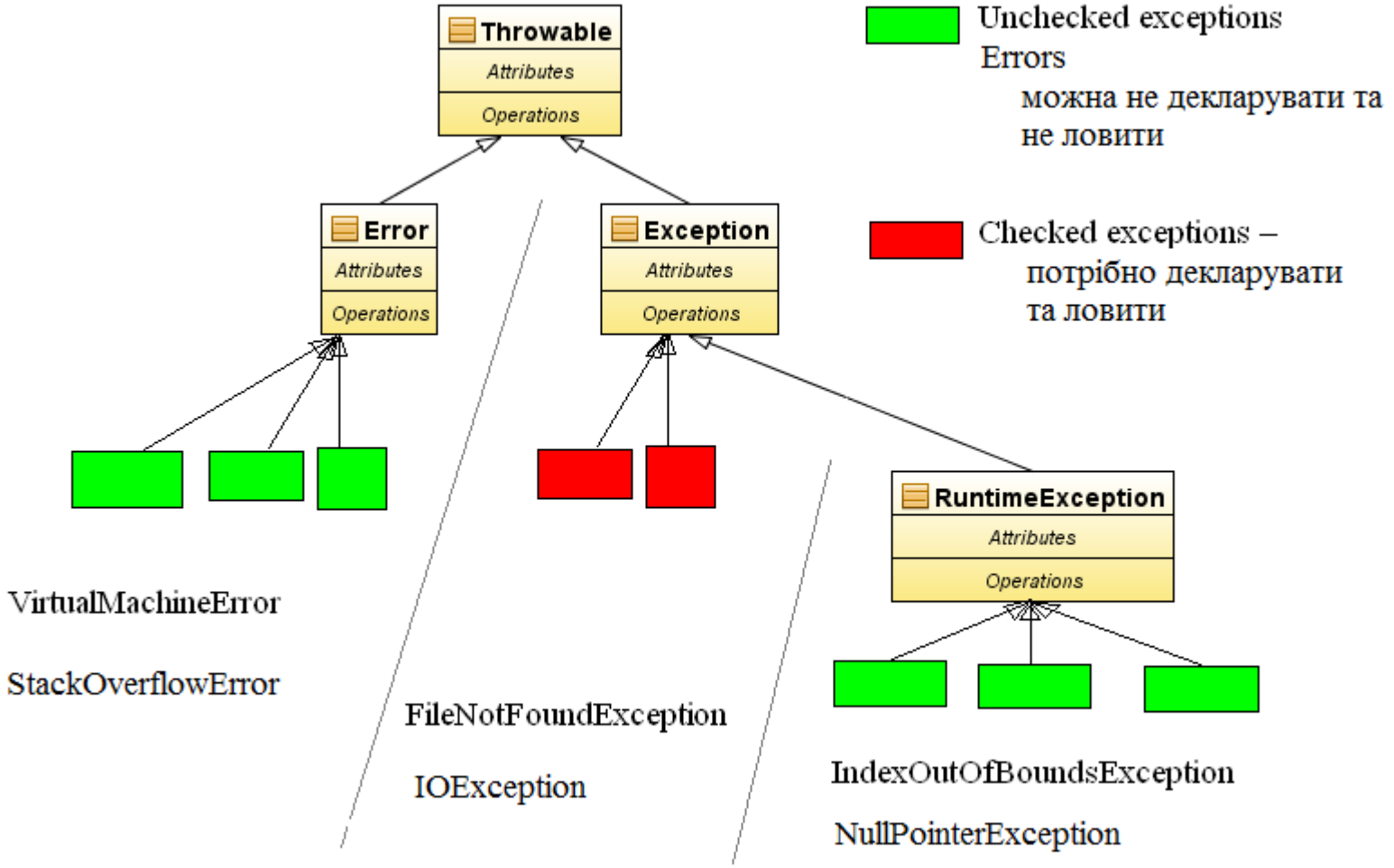
Класифікація помилкових ситуацій

- Контрольовані (checked exceptions)
  - Компілятор гарантує, що якщо виникне checked exception, то десь у коді він буде пійманий та оброблений
    - Це дозволяє писати хороші програми, які добре працюють у поганих умовах (IOException, FileNotFoundException)
  - Якщо з метода хочемо викинути checked exception, то маємо це задекларувати
  - Якщо викликаємо метод, що викидає checked exception, маємо його обробити або задекларувати

- Неконтрольовані (unchecked exceptions)
  - Компілятор не перевіряє обробку unchecked exceptions
    - Зазвичай вони виникають через «криві руки» програмістів (NullPointerException, ArrayIndexOutOfBoundsException)
  - Можемо викидати unchecked exceptions з методів без попередньої декларації
  - Навіть якщо задекларувати unchecked exceptions, це ні на що не впливає

- Помилки (Error)
  - Компілятор не перевіряє обробку помилок
    - Зазвичай у разі помилки нічого зробити неможливо (VirtualMachineError, StackOverflowError)
    - Тому немає сенсу ловити

Класифікація помилкових ситуацій



Checked Exception Demo

```
11
12  class CheckedDemo {
13
14      void checkedBad() {
15          throw new IOException(); // ERROR: Checked Exception no declaration
16      }
17
18      void checkedGood() throws IOException {
19          throw new IOException(); // Checked Exception with declaration
20      }
21
22      void foo() {
23          try {
24              checkedGood();
25          } catch (IOException e) {
26              System.out.println("Catched!"); // No declaration needed
27          }
28      }
29
30      void bar() throws IOException {
31          checkedGood(); // No catch. Declaration needed!
32      }
33
34      void baz() {
35          checkedGood();
36      }
37  }
```

unreported exception IOException; must be caught or declared to be thrown
---
(Alt-Enter shows hints)

unreported exception IOException; must be caught or declared to be thrown
---
(Alt-Enter shows hints)

Unchecked Exception Demo

```
11
12  public class UncheckedDemo {
13
14      void uncheckedGood() {
15          throw new RuntimeException(); // Ok: Unchecked Exception no declaration
16      }
17
18      void uncheckedLol() throws RuntimeException {
19          throw new RuntimeException(); // Useless declaration
20      }
21
22      void foo() {
23          try {
24              uncheckedGood();
25          } catch (RuntimeException e) {
26              System.out.println("Catched!"); // We can catch
27          }
28      }
29
30      void bar() throws RuntimeException {
31          uncheckedGood(); // Or we can declare
32      }
33
34      void baz() {
35          uncheckedGood(); // Or we can just call. No check at compile time
36      }
37  }
```

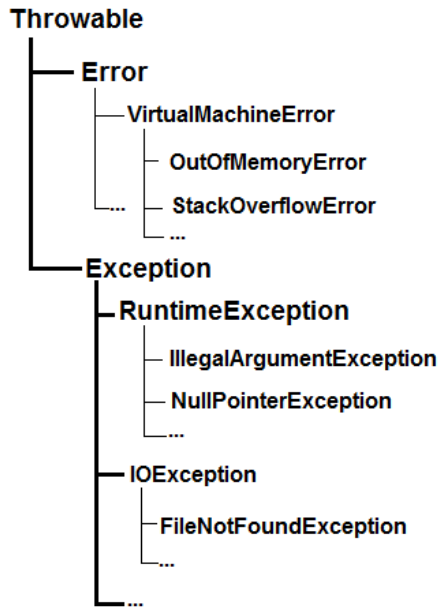
Декларування винятків при наслідуванні

- При перевизначенні «throws-метода» можна:
  - вказати ті самі класи виняткових ситуацій;
  - конкретизивати (вказати класи-нащадки);
  - зовсім прибрати **throws-**декларацію.

- При перевизначенні «throws-метода» неможна:
  - узагальнювати (вказувати предків);
  - додавати нові виняткові ситуації.

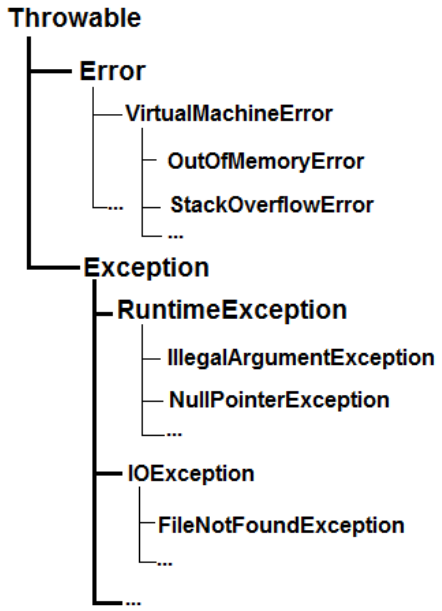
Декларування винятків при наслідуванні

```java
class A {
    public void openFile() throws IOException {
        FileInputStream fis = new
            FileInputStream("MyFile.txt");
    }
}

class B extends A {
    public void openFile() throws FileNotFoundException {
        FileInputStream fis = new
            FileInputStream("MyFile.txt");
    }
}

class C extends B {
    public void openFile() {
        try {
            FileInputStream fis = new
                FileInputStream("MyFile.txt");
        } catch (FileNotFoundException e) {
            // somehow solved
        }
    }
}
```



Декларування винятків при наслідуванні

```
class A {
    public void openFile() throws FileNotFoundException {
        FileInputStream fis = new
            FileInputStream("MyFile.txt");
    }
}

class B extends A {
    public void openFile() throws IOException { // ERROR
        FileInputStream fis = new
            FileInputStream("MyFile.txt");
    }
}

class C extends A {
    public void openFile() throws FileNotFoundException, SQLException { // E
        FileInputStream fis = new
            FileInputStream("MyFile.txt");
    }
}
```



Декларування винятків при наслідуванні

- Чому так?

- Підказка: S O **L** I D

try-with-resources (JDK 7+)

Дуже часто до появи JDK 7 писали код типу:

```
try {
        <Просимо у системи ресурси>;
        <Працюємо з ресурсами>;

} catch (<ExceptionType> ex) {
        <Обробляємо виняткові ситуації>;

} finally {
        <Звільняємо ресурси>;
        // викликаємо у них метод close();
}
```

try-with-resources (JDK 7+)

У JDK 7+ можна писати:

try(*<Створюємо ресурси>***)** {

<Працюємо з ресурсами>;

} **catch** (<*ExceptionType*> ex) {

<Обробляємо виняткові ситуації>;

}

- Код для вивільнення ресурсів руками писати не потрібно
- Метод **close()** виконається автоматично для всіх ресурсів, створених у **try(...)** якщо в них є інтерфейс **java.lang.AutoCloseable** або **java.io.Closeable**

try-with-resources (JDK 7+)

```
// JDK 6
static String readFirstLineFromFileWithFinallyBlock(String path) throws IOException {

  BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(path));

  try {
    return br.readLine();
  } finally {
    if (br != null) br.close();
  }
}
```

```
//JDK 7+
static String readFirstLineFromFile(String path) throws IOException {

  try (BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(path))) {
    return br.readLine();
  }

}
```

try-with-resources (JDK 7+)

Якщо ресурсів декілька, то через «;»:

```
try (
  java.util.zip.ZipFile zf = new java.util.zip.ZipFile(zipFileName);
  java.io.BufferedWriter writer = java.nio.file.Files.newBufferedWriter(outputFilePath, charset)
) {
  // Enumerate each entry
  for (java.util.Enumeration entries = zf.entries(); entries.hasMoreElements();) {

    // Get the entry name and write it to the output file
    String newLine = System.getProperty("line.separator");
    String zipEntryName = ((java.util.zip.ZipEntry)entries.nextElement()).getName() + newLine;
    writer.write(zipEntryName, 0, zipEntryName.length());
  }
```