



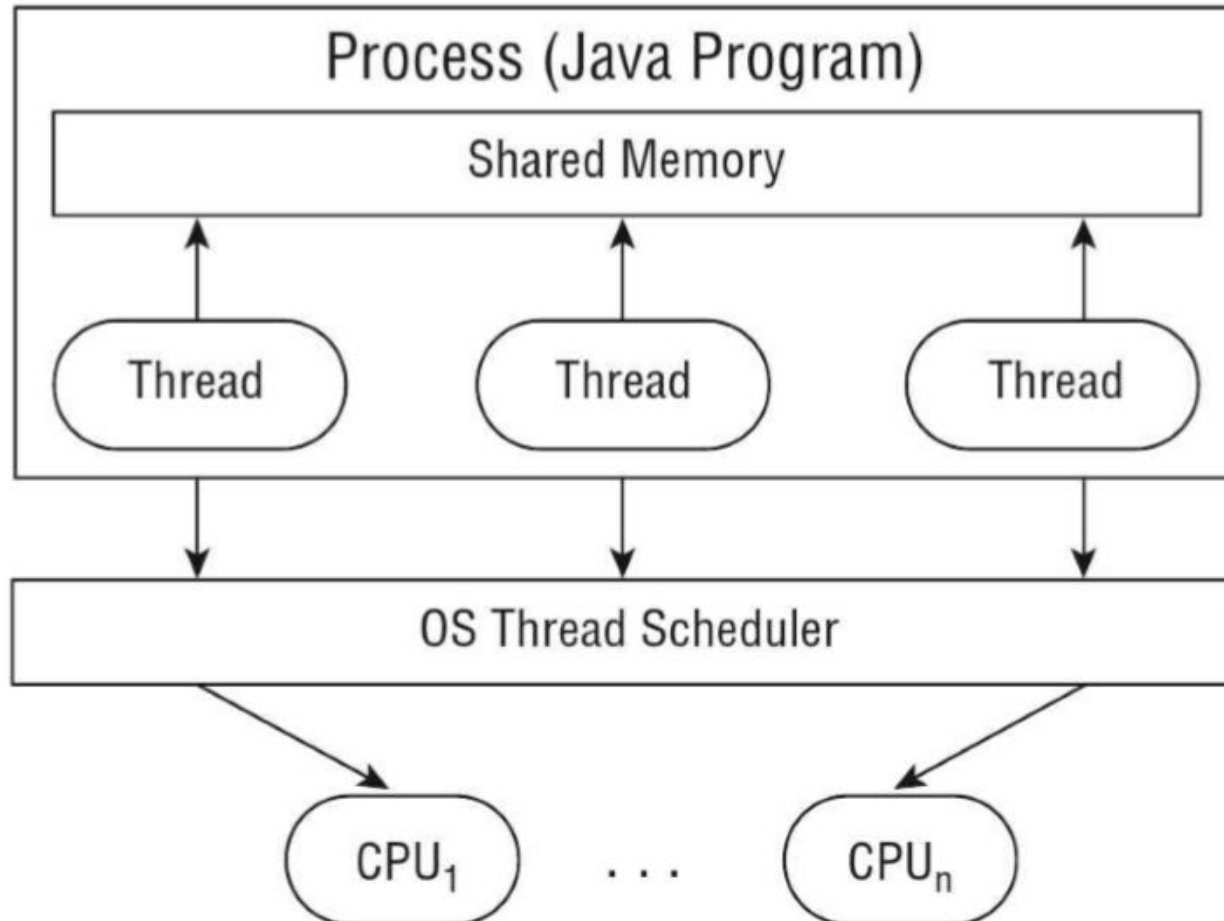
Helping Companies Leverage  
Investments in SAP Solutions

# Lecture 5 – Multithreading



# MULTITHREADING

## Process model



```
8  ▶  |
9  ⚠↑ |
10 |
11 |
12  ⚠↑ |
13 |
14 |
15 |
16 |
17 |
18 |
19 |
20 |
21 |
22 |
23 |
24 |
25 |
26 |
27 |
28 |
29 |
```

```
public static void main(String[] args) {
    Runnable hellos = () -> {
        for (int i = 1; i <= 1000; i++) System.out.println("Hello " + i);
    };
    Runnable goodbyes = () -> {
        for (int i = 1; i <= 1000; i++) System.out.println("Goodbye " + i);
    };

    Executor exec = Executors.newCachedThreadPool();
    // or Executors.newFixedThreadPool(numberOfThreads);
    exec.execute(hellos);
    exec.execute(goodbyes);

    // ...
    // Hello 158
    // Hello 159
    // Goodbye 105
    // Hello 160
    // Goodbye 106
    // Hello 161
    // ...
}
```

10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

```
ExecutorService exec = Executors.newFixedThreadPool( nThreads: 3 );

Callable<String> task = () -> {
    // do smth
    if (Thread.currentThread().isInterrupted()) {
        return null;
    }
    // do smth else
    return "";
};

Future<String> result = exec.submit(task);
// V get() throws InterruptedException, ExecutionException;
// V get(long timeout, TimeUnit unit) throws ...;
// boolean cancel(boolean mayInterruptIfRunning)
// boolean isCancelled()
// boolean isDone()
```

```
8 private static /*volatile*/ boolean done = false;
9
10 public static void main(String[] args) {
11
12     Runnable hellos = () -> {
13         for (int i = 1; i <= 100; i++)
14             System.out.println("Hello " + i);
15         done = true;
16     };
17     Runnable goodbye = () -> {
18         int i = 1;
19         while (!done)
20             i++;
21         System.out.println("Goodbye " + i);
22     };
23
24     Executor executor = Executors.newCachedThreadPool();
25     executor.execute(hellos);
26     executor.execute(goodbye);
27     // Result:
28     // ...
29     // Hello 97
30     // Hello 98
31     // Hello 99
32     // Hello 100
33     // .. and not completed yet
34 }
```

```
8     private static volatile int[] count = new int[]{0};
9
10    public static void main(String[] args) {
11
12        Executor exec = Executors.newCachedThreadPool();
13
14        for (int i = 1; i <= 100; i++) {
15            int taskId = i;
16            Runnable task = () -> {
17                for (int k = 1; k <= 1000; k++) count[0]++;
18                System.out.println(taskId + ":" + count[0]);
19            };
20
21            exec.execute(task);
22        }
23        // 2:1312
24        // 1:1312
25        // 5:2432
26        // 3:3066
27        // ...
28    }
```

## Strategies for Safe Concurrency:

- 1. Confinement: just say 'no' when it comes to sharing data among task**
- 2. Immutability: it's safe to share immutable objects**
- 3. Locking: by granting only one task at a time to access a data structure, one can keep it from being damaged.**



```
10 List<String> coll = Arrays.asList("Abc", "Eklmn", "Xys");
11 long result = coll.parallelStream().filter(s -> s.startsWith("A")).count();
12
13 Arrays.parallelSort((String[]) coll.toArray(),
14     Comparator.comparing(String::length));
15
16 int[] shortWords = new int[3];
17 coll.parallelStream().forEach(s -> {
18     if (s.length() < 3) {
19         shortWords[s.length()]++;
20     } // ERROR! DON'T DO THIS - RACE CONDITION
21 });
22 System.out.println(Arrays.toString(shortWords));
```

```
6  ▶  ◀  public static void main(String[] args) {  
7  
8      ConcurrentHashMap<String, Long> map = new ConcurrentHashMap<>();  
9      map.put("key", 123L);  
10     map.putIfAbsent("key", 321L); // {"key" : 123L}  
11  
12     Long oldValue = map.get("key");  
13     Long newValue = oldValue == null ? 1 : oldValue + 1;  
14     map.put("key", newValue); // Potential error, don't do this  
15  
16     // use this instead  
17     map.compute( key: "key", (k, v) -> v == null ? 1 : v + 1);  
18  
19     // or this  
20     map.merge( key: "key", value: 1L, (existingV, newV) -> existingV + newV);  
21 }
```

Метод	Обычное действие	Действие при ошибке
<code>put ()</code>	Вводит элемент в хвост очереди	Блокирует операцию, если очередь заполнена
<code>take ()</code>	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Блокирует операцию, если очередь пуста
<code>add ()</code>	Вводит элемент в хвост очереди	Генерирует исключение типа <code>IllegalStateException</code> , если очередь заполнена
<code>remove ()</code>	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Генерирует исключение типа <code>NoSuchElementException</code> , если очередь пуста
<code>element ()</code>	Возвращает элемент из головы очереди	Генерирует исключение типа <code>NoSuchElementException</code> , если очередь пуста
<code>offer ()</code>	Вводит элемент в очередь и возвращает логическое значение <code>true</code>	Возвращает логическое значение <code>false</code> , если очередь заполнена
<code>poll ()</code>	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Возвращает пустое значение <code>null</code> , если очередь пуста
<code>peek ()</code>	Возвращает элемент из головы очереди	Возвращает пустое значение <code>null</code> , если очередь пуста

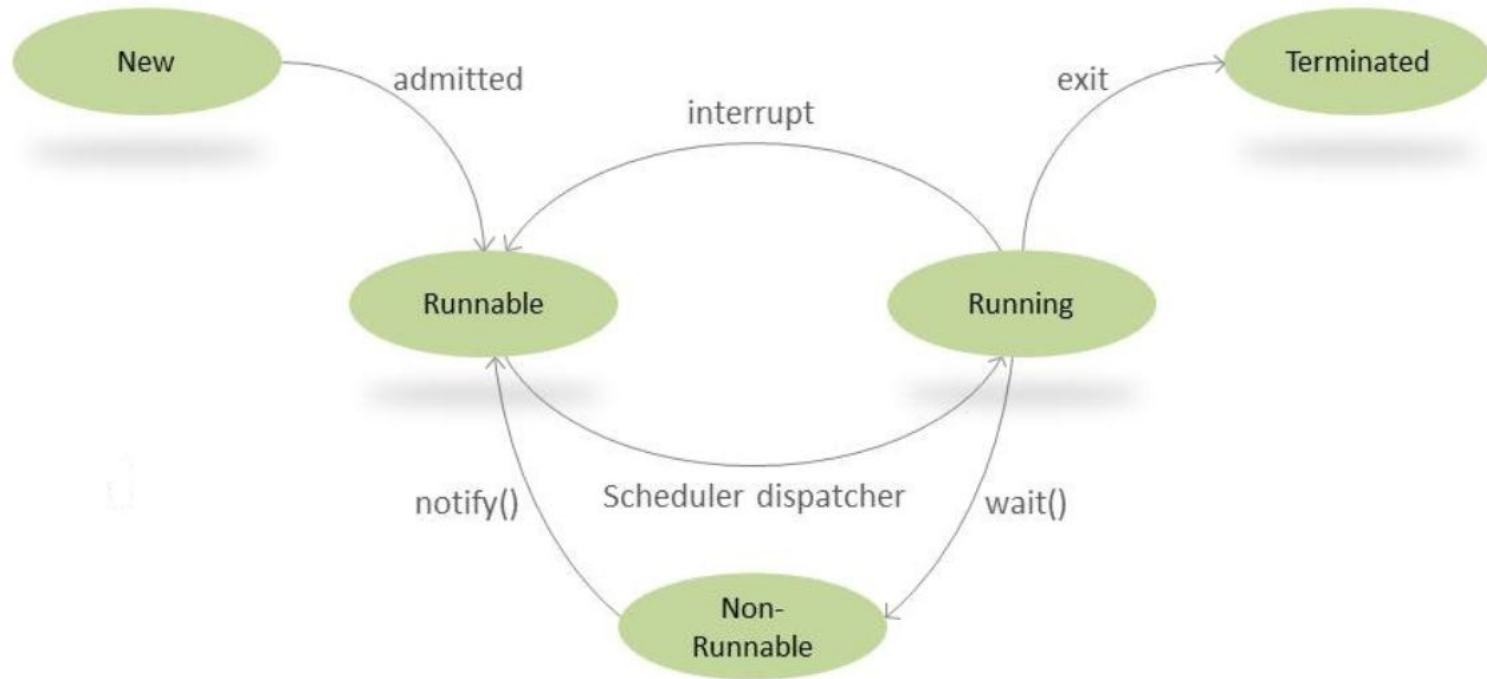
```
9 public class Slide9 {
10
11     static AtomicLong nextNumber = new AtomicLong();
12
13     static List<Long> listOne = Arrays.asList(321L, 123L, -222L);
14     static List<Long> listTwo = Arrays.asList(900L, -300L, 200L);
15     static AtomicLong maxNumber = new AtomicLong();
16
17     public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
18         Executor executor = Executors.newCachedThreadPool();
19         executor.execute(() -> {
20             System.out.println(nextNumber.incrementAndGet());
21         });
22
23         /* ***** */
24
25         executor.execute(createFindMaxFunction(listOne));
26         executor.execute(createFindMaxFunction(listTwo));
27
28         Thread.sleep( millis: 5000);
29         System.out.println(maxNumber);
30     }
31
32     private static Runnable createFindMaxFunction(List<Long> numbers) {
33         return () -> {
34             for (Long number : numbers) {
35                 maxNumber.updateAndGet(x -> Math.min(x, number));
36             }
37         };
38     }
39 }
```

# Multithreading



```
8 ▶ public class Slidelo {
9 ▶     public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
10         // 1. initialize shared variable
11         ClassWithLock classWithLock = new ClassWithLock();
12
13         // 2. create some job
14         Runnable runnable = () -> {
15             for (int i = 0; i < 5000; i++) {
16                 classWithLock.incrementCount();
17             }
18         };
19
20         // 3. and execute this job twice
21         runTwice(runnable);
22
23         // 4. wait a little bit (without it output will be 0 or smth)
24         Thread.sleep( millis: 5000);
25         System.out.println(classWithLock);
26     }
27
28     private static void runTwice(Runnable runnable) {...}
29
30 }
31
32
33
34
35 class ClassWithLock {
36     private long count = 0;
37     private Lock countLock = new ReentrantLock();
38
39     public void incrementCount() {
40         countLock.lock();
41         try {
42             count++;
43         } finally {
44             countLock.unlock();
45         }
46     }
47
48     public String toString() { return "" + count; }
49
50
51 }
```

```
6 public class Slide11 {
7     public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
8         // 1. initialize shared variable
9         ClassWithSync classWithSync = new ClassWithSync();
10
11         // 2. create some job
12         Runnable runnable = () -> {
13             for (int i = 0; i < 5000; i++) {
14                 classWithSync.incrementCount();
15             }
16         };
17
18         // 3. and execute this job twice
19         runTwice(runnable);
20
21         // 4. wait a little bit (without it output will be 0 or smth)
22         Thread.sleep(5000);
23         System.out.println(classWithSync);
24     }
25
26     private static void runTwice(Runnable runnable) {...}
27
28 }
29
30 class ClassWithSync {
31     private long count = 0;
32     public synchronized void incrementCount() { count++; }
33     public String toString() { return "" + count; }
34 }
35
36 class Flag {
37     private boolean done;
38     public synchronized void set() { done = true; }
39     public synchronized boolean get() { return done; }
40 }
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51 }
```



```
15 ▶ public static void main(String[] args) {
16     WaitAndNotify shared = new WaitAndNotify();
17
18     Runnable puts = () -> {
19         for (int i = 1; i <= 10; i++) {
20             try { shared.put(i); } catch (InterruptedException e) { }
21         }
22     };
23     Runnable gets = () -> {
24         for (int i = 1; i <= 10; i++) {
25             try { System.out.println(shared.get()); } catch (InterruptedException e) { }
26         }
27     };
28
29     execute(puts, gets);
30 }
31
32
33 class WaitAndNotify {
34     boolean flag = false; int value;
35
36     synchronized void put(int i) throws InterruptedException {
37         while (flag) { wait(); }
38         flag = true;
39         value = i;
40         notifyAll();
41     }
42
43     synchronized int get() throws InterruptedException {
44         while (!flag) { wait(); }
45         flag = false;
46         notifyAll();
47         return value;
48     }
}
```



```
4  ▶  🛑  
5  ⬆️  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  🛑  
13  
14  
15  
16  
17  
18  🛑  
19  
20  🛑  
21  🛑
```

```
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {  
    Runnable task = () -> {  
        try {  
            Thread.sleep( millis: 7000);  
        } catch (InterruptedException e) {  
            e.printStackTrace();  
        }  
        System.out.println("After 7 seconds");  
    };  
    Thread thread = new Thread(task);  
    thread.start();  
  
    thread.join();  
    System.out.println("Main thread is trying to do smth!");  
    // After 7 seconds (after 7 seconds :)  
    // Main thread is trying to do smth (only after previous line)  
    // Without 'join' order will be reversed  
}
```

```
4  ▶  ①
5  ⬆  ②
6
7
8
9
10  ⊖
11
12  ⬆  ③
13
14
15
16
17
18
19
20
21  ⊖
22  ⊖

public static void main(String[] args) {
    Runnable taskWithCheck = () -> {
        while (true) {
            if (Thread.currentThread().isInterrupted()) return;
            // do smth
        }
    };

    Runnable taskThatWantToSleep = () -> {
        try {
            while (true){
                // do smth
                Thread.sleep( millis: 1000);
            }
        } catch (InterruptedException ex) {
            // do nothing
        }
    };
}
```

```
7
8
9
10
11
12
13
14
```

```
public static final ThreadLocal<NumberFormat> currencyFormat =
    ThreadLocal.withInitial(NumberFormat::getCurrencyInstance);

public static void main(String[] args) {
    String amountDue = currencyFormat.get().format(number: 3.99);
    System.out.println(amountDue); // $3.99
}
```

# GENERIC (PART 2)

# Generics (Part 2)



```
6  ▶ public class Slide5 {
7  ▶     public static void main(String[] args) {
8      List<Manager> managers = new ArrayList<>();
9      // List<Employee> employees = managers; // Compile error, incompatible
10     // employees.add(new Employee());
11
12     addNewEmployee(managers.toArray(new Manager[1])); // this is ok, but ...
13     }
14
15  @ public static void addNewEmployee(Employee[] employees) {
16     employees[0] = new Employee( name: "Sergey Petrovich");
17     // Runtime error (ArrayStoreException)
18     }
19     }
20     class Manager extends Employee {
21     public Manager(String name) { super(name); }
22     public String getName() { return "Manager: " + name; }
23     public String toString() { return getName(); }
24     }
25     class Employee {
26     protected String name;
27     public Employee(String name) { this.name = name; }
28     public String getName() { return "Employee: " + name; }
29     }
```

# Generics (Part 2)



```
7  ▶  }
8      List<Employee> employees = new ArrayList<>();
9      employees.add(new Manager( name: "Dzianis"));
10     printNames(employees);
11     }
12
13  @  public static void printNames(List<? extends Employee> employees) {
14     for (int i = 0; i < employees.size(); i++) {
15         Employee employee = employees.get(i);
16         System.out.println(employee.getName());
17     }
18
19     // Compile errors:
20     // employees.add(new Employee("LeverX Employee"));
21     // employees.add(new Manager("LeverX Manager"));
22     employees.add(null);
23 }
```

# Generics (Part 2)



```
7 ▶ public class Slide7 {
8 ▶   public static void main(String[] args) {
9     List<Employee> employees = new ArrayList<>();
10    employees.add(new Manager( name: "Dzianis"));
11
12    Predicate<Object> predicate = e -> e.toString().startsWith("Manager");
13    printNames(employees, predicate); // but printNames(employees, e -> ...); works
14  }
15
16 @ public static void printNames(List<? extends Employee> employees,
17                                Predicate<? super Employee> predicate) {
18     for (int i = 0; i < employees.size(); i++) {
19         Employee employee = employees.get(i);
20         if (predicate.test(employee)) {
21             System.out.println(employee);
22         }
23     }
24 }
25 }
```

# Generics (Part 2)



```
6 public class Slide8 {
7
8 @ public static <T> void printNames(T[] elements,
9 Predicate<T> predicate) {
10     for (T e : elements) {
11         if (predicate.test(e)) {
12             System.out.println(e.toString());
13         }
14     }
15 }
16
17 @ public static boolean hasNulls(List<?> elements) {
18     for (Object e : elements) {
19         if (e == null) return true;
20     }
21     return false;
22 }
23 }
```



## Generics (Part 2)



```
7  class Entry<K extends Comparable<? super K> & Serializable, V extends Serializable> {
8      private K key;
9      private V value;
10
11     public Entry(K key, V value) {...}
12
13
14
15
16     public K getKey() { return key; }
17
18
19
20     public V getValue() { return value; }
21
22 }
23
24
25 // Will be compiled to:
26 // class Entry {
27 //
28 //     private Comparable key;
29 //     private Serializable value;
30 //     ...
```

# REGULAR EXPRESSIONS

```
8 Pattern pattern1 = Pattern.compile("[x-z]+");
9 // Search will symbols from x to z (inclusive)
10 // Search will be only in lowercase characters
11 // To make search case insensitive use Pattern.CASE_INSENSITIVE
12
13 Matcher matcher1 = pattern1.matcher(input: "x y z 1 2 3 4 ");
14 System.out.println(matcher1.find()); // true
15
16 Matcher matcher2 = pattern1.matcher(input: "X Y Z 1 2 3 4");
17 System.out.println(matcher2.find()); //false
18
19 Pattern pattern2 = Pattern.compile("[a-zA-Z0-9]");
20 // Search all lowercase/uppercase chars + numbers
21
22 Matcher matcher3 = pattern2.matcher(input: "A B C D X Y Z " +
23 | "a b c d x y z 1 2 3 4");
24 System.out.println(matcher3.find()); //true
```

.	Соответствие одиночному символу
^regex	Поиск регулярного выражения с совпадением в начале строки
regex\$	Поиск регулярного выражения с совпадением в конце строки
[abc]	Поиск любого символа, заключенного в квадратные скобки
[abc] [vz]	Находит значение символа a, b или c, за которыми следуют v или z
[^ xyz]	Когда символ располагается перед остальными символами в квадратных скобках, он «отрицает» шаблон. Данный шаблон соответствует любому символу, кроме x, y или z.
[a-d1-7]	Диапазоны: соответствует букве между a и d и цифрами от 1 до 7, но не d-1.
X Z	Находит X или Z
\$	Конец строки
^	Начало строки
(re)	Создает группу из регулярных выражений, запоминая текст для сравнения
(?: re)	Действует как (re), но не запоминает текст

Regex	Значение
<code>\d</code>	Любая цифра (эквивалентно [0-9])
<code>\D</code>	Любой символ, кроме цифер
<code>\s</code>	Символ пробела, сокращение от [\t \n \x0b \r \f]
<code>\S</code>	Любой символ, кроме пробела.
<code>\w</code>	Символы, соответствующие словам, сокращение от [a-zA-Z_0-9]
<code>\W</code>	Символы, не образующие слов, сокращение [\W]
<code>\b</code>	Соответствует границе слова, где символом слова является [a-zA-Z0-9_]
<code>\B</code>	Соответствует границам символов, не являющихся словами
<code>\G</code>	Точка предыдущего соответствия

Regex	Значение	Использование
*	Происходит ноль или более раз, сокращенно {0,}	X* не находит ни одной или нескольких букв X, <small>X* Находит любую последовательность символов.</small>
+	Происходит один или несколько раз, сокращенно {1,}	X+ Находит одну или несколько букв X
?	Не происходит или происходит один раз,? является сокращением для {0,1}.	X? не находит ни одной буквы X или только одну.
{X}	Происходит X раз	\d{3} ищет три цифры.
{X,Y}	Происходит не менее X, но не более Y раз	\d{1,4} означает, что \d должно встречаться как минимум один раз и максимум четыре
*?	? после квантификатора делает его ленивым квантификатором. Он пытается найти наименьшее совпадение. Это останавливает регулярное выражение при первом совпадении.	

```
7 ▶ public static void main(String[] args) {
8     // Greedy quantifier
9     Matcher matcher = Pattern.compile("g+g").matcher( input: "ggg");
10    while (matcher.find()) {
11        System.out.println("Pattern found from " + matcher.start() +
12            " to " + (matcher.end() - 1));
13    }
14    // Pattern found from 0 to 2
15
16    // Possessive quantifier
17    matcher = Pattern.compile("g++g").matcher( input: "ggg");
18    while (matcher.find()) {
19        System.out.println("Pattern found from " + matcher.start() +
20            " to " + (matcher.end() - 1));
21    }
22    // No output
23
24    // Reluctant quantifier
25    matcher = Pattern.compile("g+?").matcher( input: "ggg");
26    while (matcher.find()) {
27        System.out.println("Pattern found from " + matcher.start() +
28            " to " + (matcher.end() - 1));
29    }
30    // Pattern found from 0 to 0
31    // Pattern found from 1 to 1
32    // Pattern found from 2 to 2
33 }
```

[B.Goetz, T.Peierls, J.Bloch, ... - Java Concurrency in Practice \(2006\)](#)



**See you next time**



**Thank you!**