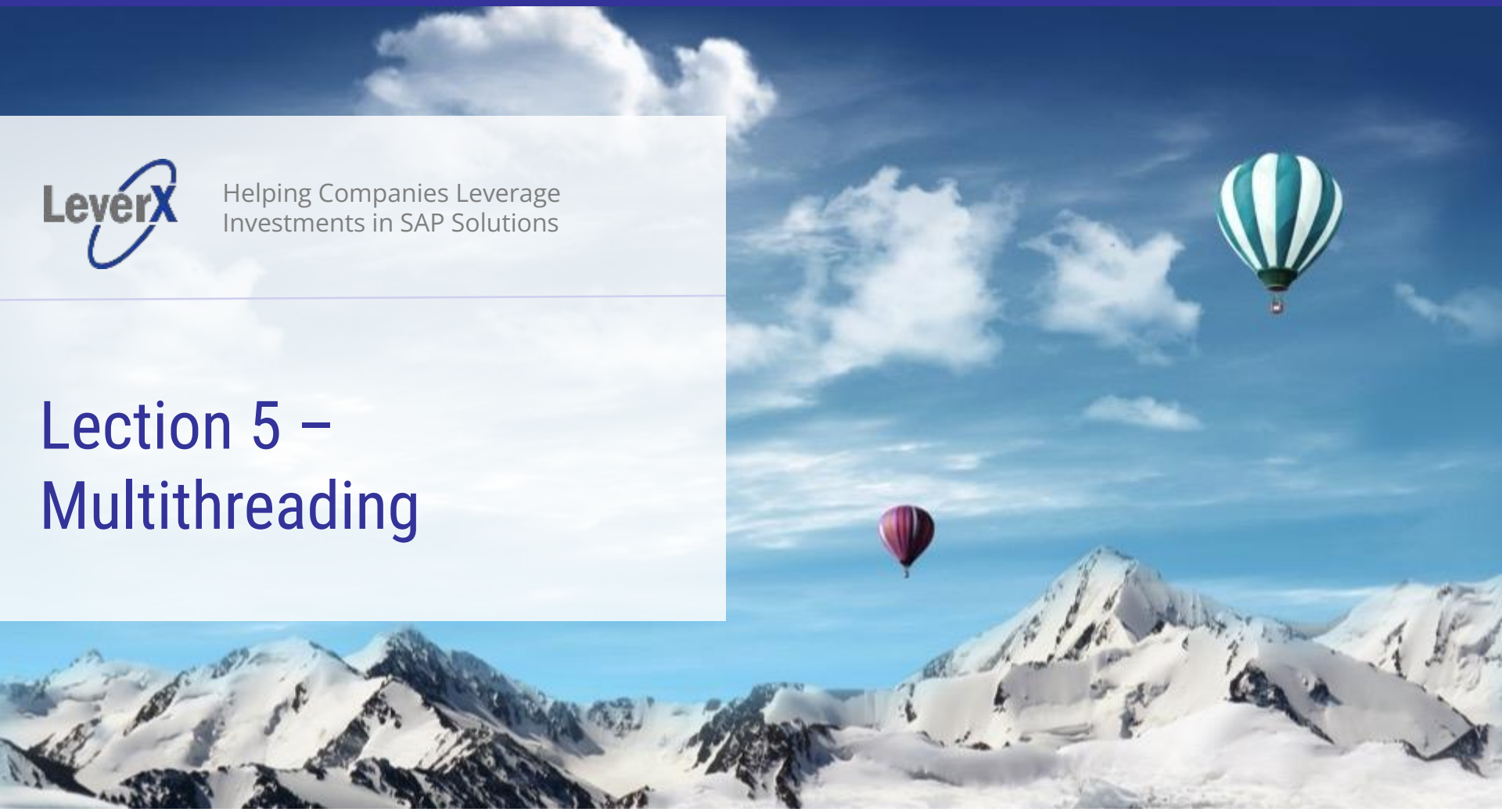


LeverX

Helping Companies Leverage Investments in SAP Solutions

Lection 5 – Multithreading

SAP BusinessObjects Solution Provider Partner

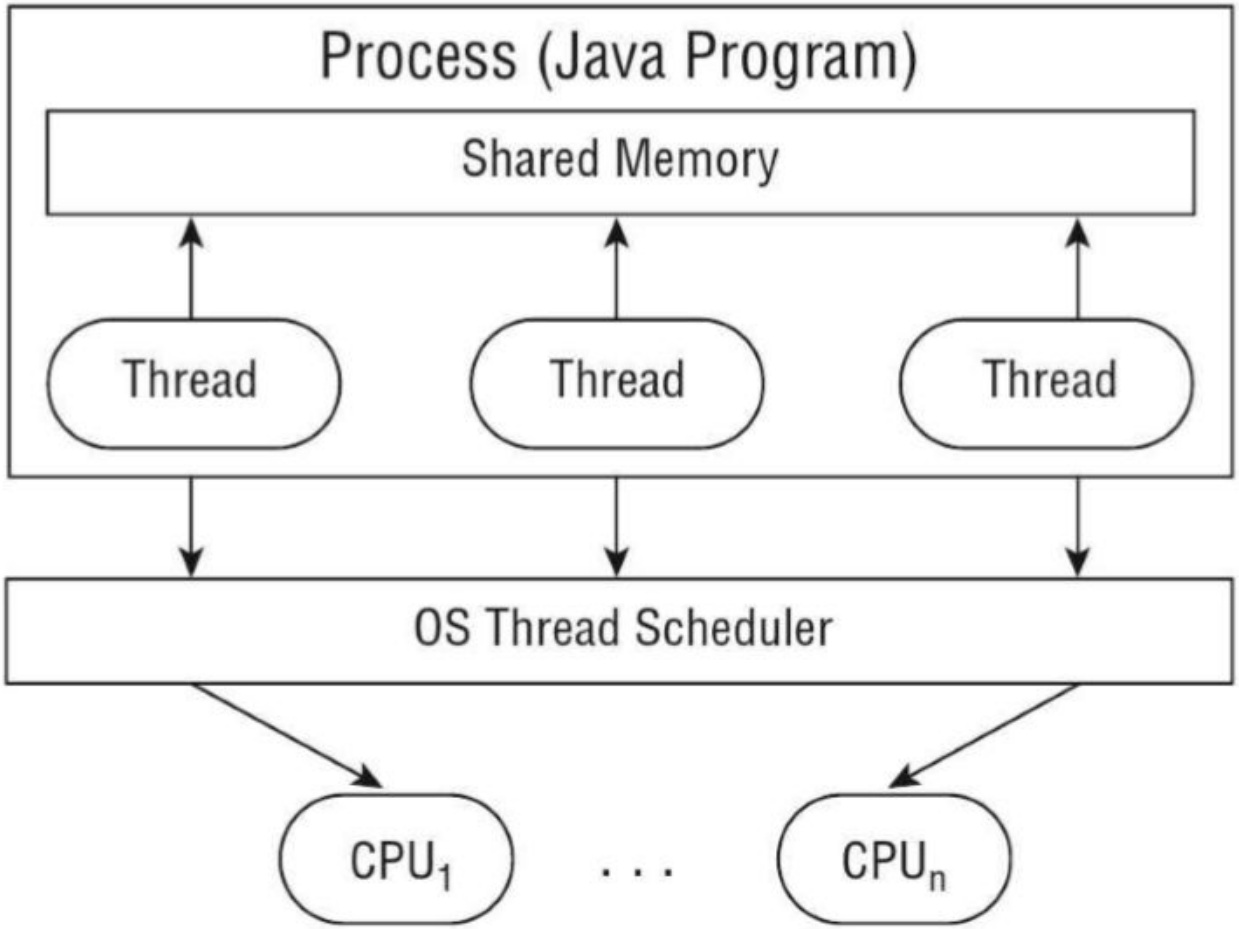
Associate Member of PLM Alliance

SAP Partner

MULTITHREADING

Multithreading

Process model



Multithreading

```
8   public static void main(String[] args) {
9       Runnable hellos = () -> {
10          for (int i = 1; i <= 1000; i++) System.out.println("Hello " + i);
11      };
12      Runnable goodbyes = () -> {
13          for (int i = 1; i <= 1000; i++) System.out.println("Goodbye " + i);
14      };
15
16      Executor exec = Executors.newCachedThreadPool();
17      // or Executors.newFixedThreadPool(numberOfThreads);
18      exec.execute(hellos);
19      exec.execute(goodbyes);
20
21      // ...
22      // Hello 158
23      // Hello 159
24      // Goodbye 105
25      // Hello 160
26      // Goodbye 106
27      // Hello 161
28      // ...
29  }
```

Multithreading

```
10      ExecutorService exec = Executors.newFixedThreadPool( nThreads: 3);
11
12      Callable<String> task = () -> {
13          // do smth
14          if (Thread.currentThread().isInterrupted()) {
15              return null;
16          }
17          // do smth else
18          return "";
19      };
20
21      Future<String> result = exec.submit(task);
22      // V get() throws InterruptedException, ExecutionException;
23      // V get(long timeout, TimeUnit unit) throws ...;
24      // boolean cancel(boolean mayInterruptIfRunning)
25      // boolean isCancelled()
26      // boolean isDone()
```

Multithreading

```
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      }
```

Multithreading

```
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.

Multithreading

```
10
11  List<String> coll = Arrays.asList("Abc", "Eklmn", "Xys");
    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));
```

Multithreading

```
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
`put()`	Вводит элемент в хвост очереди	Блокирует операцию, если очередь заполнена
`take()`	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Блокирует операцию, если очередь пуста
`add()`	Вводит элемент в хвост очереди	Генерирует исключение типа `IllegalStateException`, если очередь заполнена
`remove()`	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Генерирует исключение типа `NoSuchElementException`, если очередь пуста
`element()`	Возвращает элемент из головы очереди	Генерирует исключение типа `NoSuchElementException`, если очередь пуста
`offer()`	Вводит элемент в очередь и возвращает логическое значение `true`	Возвращает логическое значение `false`, если очередь заполнена
`poll()`	Удаляет элемент из головы очереди и возвращает его	Возвращает пустое значение `null`, если очередь пуста
`peek()`	Возвращает элемент из головы очереди	Возвращает пустое значение `null`, если очередь пуста

Multithreading

```
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  }
```

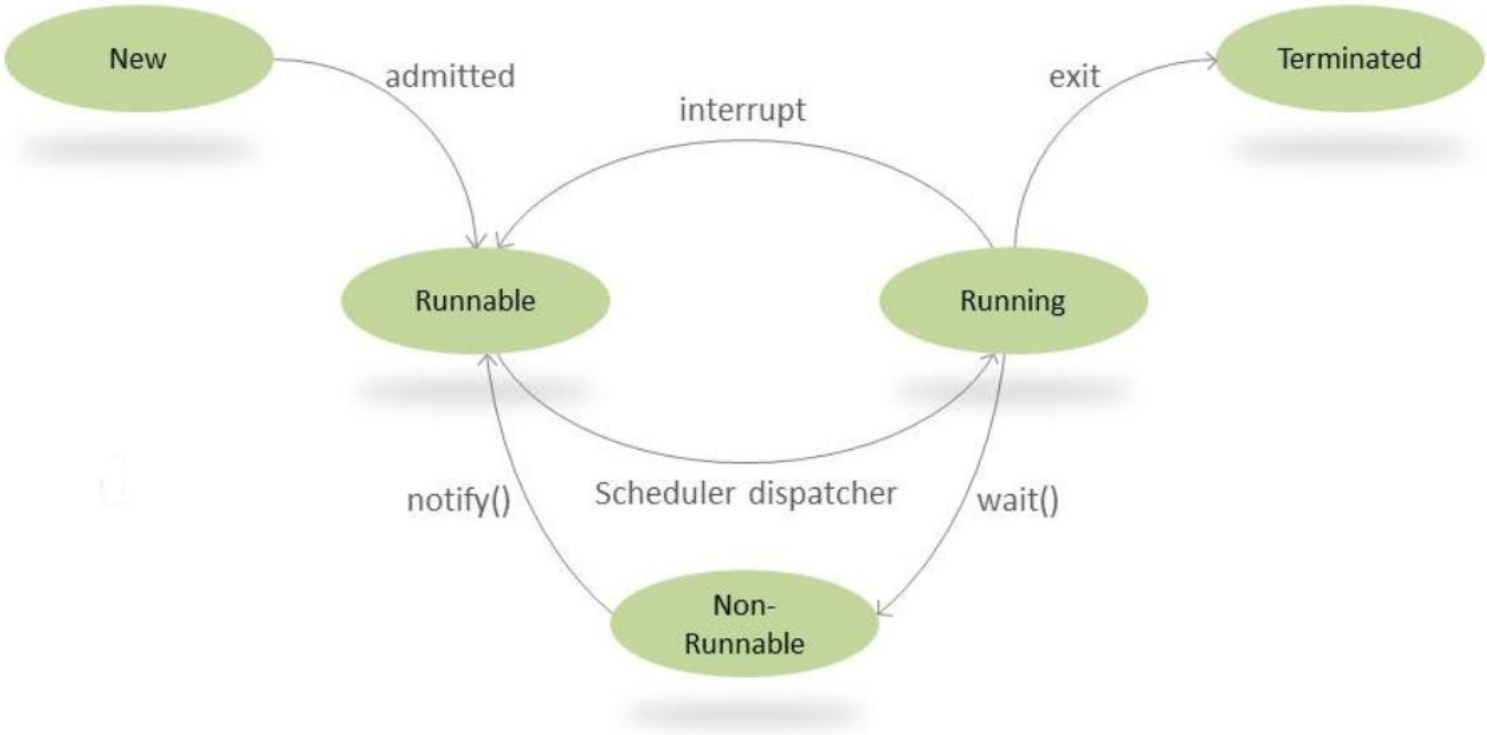
Multithreading

```
8  public class Slide10 {
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) {...}
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; }
51 }
```

Multithreading

```
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( millis: 5000);
23         System.out.println(classWithSync);
24     }
25
26     private static void runTwice(Runnable runnable) {...}
31 }
32
33 class ClassWithSync {
34     private long count = 0;
35     public synchronized void incrementCount() { count++; }
38     public String toString() { return "" + count; }
41 }
42
43 class Flag {
44     private boolean done;
45     public synchronized void set() { done = true; }
48     public synchronized boolean get() { return done; }
51 }
```

Multithreading



Multithreading

```
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      }
```

Multithreading

```
4   public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
5       Runnable task = () -> {
6           try {
7               Thread.sleep( millis: 7000);
8           } catch (InterruptedException e) {
9               e.printStackTrace();
10          }
11          System.out.println("After 7 seconds");
12      };
13      Thread thread = new Thread(task);
14      thread.start();
15
16      thread.join();
17      System.out.println("Main thread is trying to do smth!");
18      // After 7 seconds (after 7 seconds :)
19      // Main thread is trying to do smth (only after previous line)
20      // Without 'join' order will be reversed
21  }
```

Multithreading

```
4   public static void main(String[] args) {
5       Runnable taskWithCheck = () -> {
6           while (true) {
7               if (Thread.currentThread().isInterrupted()) return;
8               // do smth
9           }
10      };
11
12      Runnable taskThatWantToSleep = () -> {
13          try {
14              while (true){
15                  // do smth
16                  Thread.sleep( millis: 1000);
17              }
18          } catch (InterruptedException ex) {
19              // do nothing
20          }
21      };
22  }
```

Multithreading

```
7       public static final ThreadLocal<NumberFormat> currencyFormat =
8               ThreadLocal.withInitial(NumberFormat::getCurrencyInstance);
9
10      public static void main(String[] args) {
11          String amountDue = currencyFormat.get().format( number: 3.99);
12          System.out.println(amountDue); // $3.99
13      }
14  }
```

GENERICS (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   public static void main(String[] args) {
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) {...}
15
16      public K getKey() { return key; }
19
20      public V getValue() { return value; }
23  }
24
25  // Will be compiled to:
26  // class Entry {
27  //
28  // private Comparable key;
29  // private Serializable value;
30  // ...
```

REGULAR EXPRESSIONS

Regex

```
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
```

Regex

.	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 сравнивания
(?: re)	Действует как (re), но не запоминает текст

Regex

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

Regex

Regex	Значение	Использование
*	Происходит ноль или более раз, сокращенно {0,}	X* не находит ни одной или нескольких букв X, <sbr/>.* Находит любую последовательность символов.
+	Происходит один или несколько раз, сокращенно {1,}	X+ Находит одну или несколько букв X
?	Не происходит или происходт 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.	

Regex

```
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  }
```

Useful books and links

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

See you next time