

Visão Geral de *Generics e Collections*



Prof. Jeferson Souza, MSc. (thejefecomp)

jeferson.souza@udesc.br



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

JOINVILLE
CENTRO DE CIÊNCIAS
TECNOLÓGICAS

Introdução aos Generics e as Collections

Olha lá professor, o que são os famosos Generics e Collections?

Ao que tudo indica, até este exato momento, o conhecimento a respeito dos *Generics* e das *Collections* é muito incipiente, a considerar a probabilidade de não se ter tido consciência de suas utilizações. Os famosos *Generics* e *Collections* são fundamentais na Linguagem Java, a constituírem formas de representação de tipos de maneira generalizada (i.e. *Generics*), e fornecimento de diferentes estruturas de dados e algoritmos associados às referidas estruturas (i.e. *Collections*).

Introdução aos Generics e às Collections

Prazer, Collections, as “caixinhas” (i.e. tupperwares) da Linguagem Java

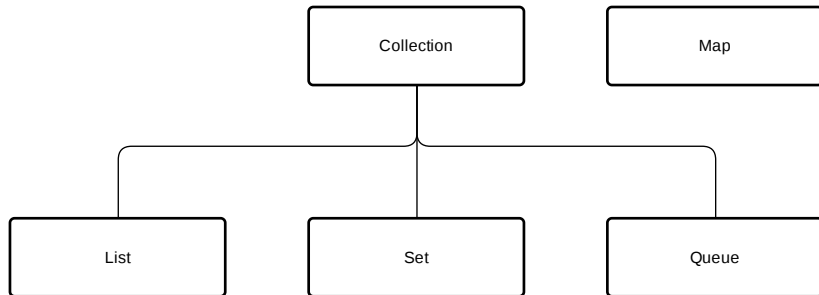
As coleções especificam formas distintas de armazenar e manipular dados, a representar implementações de algoritmos e estruturas de dados disponibilizadas pela Linguagem Java para o desenvolvimento de programas.

Generics

Mas se os tipos são substituídos, não é mais fácil usar diretamente o tipo concreto?

No momento que tem-se a necessidade de especificar um dado comportamento que pode ser aplicado a um conjunto inimaginável de elementos, o uso dos *Generics*, alcançado pela automação fornecida pelo compilador da Linguagem Java, torna-se obrigatório. As *Collections* são o principal exemplo de uso de *Generics* na Linguagem Java. Todas as estruturas de dados disponíveis podem ser parametrizadas com qualquer tipo definido na Linguagem, ou diretamente pelo programa desenvolvido.

Generics - As Interfaces Genéricas das Collections



As Interfaces Genéricas da Linguagem Java presentes nas *Collections* [Boyarsky&Selikoff, 2016]

Generics - Exemplo de Definição de Classe Genérica

Definição de Classe Genérica

```
public class Aquecedor<E>{  
    public boolean aquece(E entidade, Float  
    temperaturaAlvo){  
        ...  
    }  
    public void arrefece(E entidade){  
        ...  
    }  
}
```

A definição do tipo genérico está presente diretamente na especificação da classe *Aquecedor*.

Generics - Limites de tipos

Antes de saber o que é o wildcard “?” ...

Os tipos genéricos “sem limites” que não são especificados com o wildcard “?”, tal como na definição:

```
public class Aquecedor<E>{ ... }
```

são verificados em tempo de compilação, a ter a clara garantia que serão substituídos por tipos concretos disponíveis no momento da execução do programa. Esses tipos concretos que o compilador tem a certeza que estarão disponíveis em tempo de execução são chamados de **Reifiable types** [GoslingEtAl, 2021], i.e., toda a classe, interface, e derivados presentes no *classpath* do programa em tempo de compilação.

Generics - Limites de tipos

0 wildcard “?” ...

O *wildcard* “?” representa um tipo genérico desconhecido, o qual não se consegue saber nada a respeito até o momento da execução do programa. É esse tipo genérico desconhecido que é utilizado como base para especificação dos limites de tipos genéricos.

Generics - Limites de tipos

O wildcard “?” sem limite (Imutável)...

O wildcard “?” sozinho pode representar qualquer tipo de dado disponível no momento da execução do programa. Ao utilizar o wildcard “?” sem limites, o desenvolvedor informa ao compilador da linguagem Java que qualquer tipo de dado pode ser aceito. **Detalhe: o wildcard “?” sem limite é imutável.** Exemplo [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

```
public static void imprimeLista(List<?> lista){  
    for (Object x : lista) System.out.println(x);  
}
```

O método `imprimeLista()` aceita imprimir qualquer tipo de lista: `List<Integer>`, `List<String>`, e até mesmo `List<Object>`. Percebam que `List<Integer>` é um tipo diferente de `List<Object>`, e é por essa razão que deve-se utilizar o *wildcard* “?” para poder aceitar qualquer tipo de lista.

Generics - Limites de tipos

O wildcard “?” com limite superior (Imutável)...

O wildcard “?” utilizado com limite superior usa o poder hierárquico fornecido pela linguagem Java para limitar a “classe pai” de um tipo de dado aceito pela definição de Classe, *Interface* ou método especificado. Para tal, a palavra reservada **extends** indica a Classe/*Interface* utilizada como limite superior. **Detalhe: o wildcard “?” com limite superior é imutável.** Exemplo [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

```
public static long total(List<? extends Number> lista){
    long contador = 0;
    for (Number numero : lista){
        contador += numero.longValue();
    }
    return contador;
}
```

O método *total()* aceita contar listas de números, i.e. `List<Integer>`, `List<Float>`, etc.

Generics - Limitações de uso

Algumas limitações no uso de Generics [Boyarsky&Selikoff, 2016]

- ▶ Não pode-se criar uma instância (i.e. objeto) com base em um tipo genérico, i.e., **new T()**, onde T é o nome de um tipo genérico;
- ▶ Não pode-se criar diretamente arrays de tipos genéricos, de forma similar à criação de instâncias referida anteriormente;
- ▶ Não pode-se utilizar o operador **instanceof** com um tipo genérico;
- ▶ Não pode-se utilizar diretamente um tipo primitivo em substituição a um tipo genérico, já que existem as classes *Wrappers* (i.e. Integer, Float, etc...) a representar os referidos tipos;
- ▶ Não pode-se criar atributos/variáveis estáticas com tipos genéricos.

Collections

Principais interfaces do Java Collections...

- ▶ **Queue:** coleção que ordena os elementos em uma ordem específica para processamento. Essa interface fornece uma abstração para concretização de uma estrutura de dados chamada Fila, cuja ordem típica é indicada pela sigla FIFO (First-In-First-Out); a ordem FIFO significa o primeiro elemento a entrar será o primeiro elemento a sair e/ou ser processado;
- ▶ **Map:** coleção a organizar os elementos em tuplas/pares de chave e valor, a não permitir chaves duplicadas. Essa interface permite a concretização de uma estrutura de dados chamada de Dicionário.

Collections - A Interface Collection

Principais métodos da interface Collection...

A interface *Collection* possui métodos que são comuns às interfaces *List*, *Set*, e *Queue*. Os principais são:

- ▶ **add()**: especifica assinatura de comportamento que permite inserir um novo elemento de uma coleção;
- ▶ **remove()**: especifica a assinatura de comportamento que permite remover um elemento de uma coleção;
- ▶ **isEmpty()**: especifica a assinatura de comportamento que permite verificar se uma coleção não contém elementos;
- ▶ **size()**: especifica a assinatura de comportamento que permite obter o número de elementos armazenados por uma coleção;
- ▶ **clear()**: especifica a assinatura de comportamento que permite remover todos os elementos armazenados por uma coleção;
- ▶ **contains()**: especifica a assinatura de comportamento que permite verificar se elemento faz parte de uma coleção.

Collections - Exemplos de uso do método add() [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
List<String> lista = new ArrayList<>();
```

`System.out.println(lista.add("Sparrow"));` // retorna **true** (verdadeiro).

`System.out.println(lista.add("Sparrow"));` //retorna **true** (verdadeiro), já que permite duplicação.

```
Set<String> conjunto = new HashSet<>();
```

`System.out.println(conjunto.add("Sparrow"));` // retorna **true** (verdadeiro).

`System.out.println(conjunto.add("Sparrow"));`//retorna **false** (falso), já que não permite duplicação.

Collections - Exemplos de uso do método contains() [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
List<String> passarinhos = new ArrayList<>();
```

```
passarinhos.add("falcão");//Lista → [falcão]
```

```
System.out.println(passarinhos.contains("falcão")); //imprime true
(verdadeiro).
```

```
System.out.println(passarinhos.contains("pintarroxo")); //imprime false
(falso).
```


Collections - A interface List

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com interface List [Boyarsky&Selikoff, 2016] (Continuação)

- ▶ **int** `lastIndexOf(Object o)`: retorna o último índice a fazer “match” com o objeto informado, ou -1 caso o referido objeto não seja encontrado;
- ▶ **E** `remove(int index)`: remove o elemento no índice informado, a mover todos os elementos em índices posteriores uma posição para esquerda;
- ▶ **boolean** `remove(Object o)`: remove o elemento informado, a mover todos os elementos em índices posteriores uma posição para esquerda;
- ▶ **E** `set(int index, E element)`: substitui o elemento no índice informado pelo elemento passado como parâmetro.

Collections - Exemplo de iteração de lista com o comando **for** a utilizar índices inteiros

```
List<String> IFrutas = new ArrayList<>();  
IFrutas.add("Banana");//Lista →[Banana]  
IFrutas.add("Laranja");//Lista →[Banana, Laranja]  
IFrutas.add("Limão");//Lista →[Banana, Laranja, Limão]  
IFrutas.add("Manga");//Lista →[Banana, Laranja, Limão, Manga]  
  
for(int i=0;i < IFrutas.size();i++){  
    System.out.println(IFrutas.get(i));  
}
```

O detalhe negativo de utilizar esse tipo de iteração é que, indiretamente, está-se a iterar de forma duplicada, a considerar que o método `get()` realiza iteração similar para encontrar o elemento a ser impresso.

Collections - Exemplo de iteração de lista com o comando **for** a utilizar sua notação **forEach**

```
List<String> lFrutas = new ArrayList<>();
```

```
lFrutas.add(" Banana");//Lista →[Banana]
```

```
IFrutas.add("Laranja");//Lista → [Banana, Laranja]
```

```
IFrutas.add(" Limão");//Lista →[Banana, Laranja, Limão]
```

```
IFrutas.add("Manga");//Lista → [Banana, Laranja, Limão, Manga]
```

```
for(String fruta : IFrutas){
    System.out.println(fruta);
}
```

```
for(var fruta : IFrutas){
    System.out.println(fruta);
}
```

A palavra reservada **var** pode ser utilizada a partir da versão 10.

Collections - Exemplo de iteração de lista com o comando **while** a ser utilizado juntamente com a interface **Iterator**

```
List<String> IFrutas = new ArrayList<>();  
IFrutas.add("Banana");//Lista →[Banana]  
IFrutas.add("Laranja");//Lista →[Banana, Laranja]  
IFrutas.add("Limão");//Lista →[Banana, Laranja, Limão]  
IFrutas.add("Manga");//Lista →[Banana, Laranja, Limão, Manga]  
  
Iterator<String> itFrutas = IFrutas.iterator();  
  
while(itFrutas.hasNext()){  
    System.out.println(itFrutas.next());  
}
```

Collections - Concretizações mais Conhecidas da Interface List

Concretizações mais Conhecidas da Interface List

As concretizações mais conhecidas da *Interface List* são [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

- ▶ **LinkedList**: fornece uma implementação da estrutura de dados Lista, como uma lista de elementos duplamente ligados, além de também concretizar a *Interface Queue*. Operações de adição/remoção de elementos do início e do fim da lista acontecem em tempo constante [$O(1)$];
- ▶ **ArrayList**: substitui uma antiga classe chamada *Vector*, a fornecer a abstração de um array em forma de lista. Os métodos *size()*, *isEmpty()*, *get()*, *set()*, *iterator()*, e *listIterator()* são executados em tempo constante [$O(1)$] por razão do uso de índices internos.

Collections - Diferentes Concretizações da Interface List

Detalhe interessante...

Classes tal como *java.util.Vector* e *java.util.Stack* também concretizam a *Interface List*. Porém, por serem muito antigas, e pelo fato da linguagem Java possuir alternativas mais interessantes, não devem ser utilizadas em codificações com versões mais recentes da linguagem.

Collections - A interface Set

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com a interface Set [Oracle, 2021]

- ▶ **boolean** `add(E element)`: adiciona elemento no conjunto, caso o referido elemento já não esteja presente;
- ▶ **boolean** `contains(Object o)`: verifica se um dado elemento está presente no conjunto;
- ▶ **boolean** `isEmpty()`: indica se o conjunto possui [ou não] elementos;
- ▶ **boolean** `remove(Object o)`: remove o elemento informado, caso esteja presente no conjunto;
- ▶ **int** `size()`: indica o número de elementos presentes no conjunto.

Collections - Concretizações mais Conhecidas da Interface Set

Concretizações mais conhecidas da Interface Set

As concretizações mais conhecidas da *Interface Set* são [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

- ▶ **HashSet**: armazena os elementos em uma tabela *hash*. Os métodos de *add()*, *remove()*, *contains()*, e *size()* são executados em tempo constante [$O(1)$];
- ▶ **TreeSet**: armazena os elementos em uma estrutura de árvore ordenada, cuja concretização é baseada na classe *TreeMap*, a qual utiliza a estrutura de árvore *Red-Black* como base de sua implementação. Os métodos *add()*, *remove()*, e *contains()* são executados em tempo logarítimo [$O(\log n)$]. A classe *TreeSet* também concretiza a *Interface NavigableSet*, a qual permite navegar nos elementos de uma outra perspectiva.

Collections - Exemplo uso da Interface Set e sua Concretização HashSet [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
Set<Integer> conjunto = new HashSet<>();  
conjunto.add(66); // true  
conjunto.add(10); // true  
conjunto.add(66); // false  
conjunto.add(8); // true  
for(Integer inteiro : conjunto) System.out.println(inteiro + ",");
```

Collections - Exemplo uso da Interface Set e sua Concretização TreeSet [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
Set<Integer> conjunto = new TreeSet<>();  
conjunto.add(66);// true  
conjunto.add(10);// true  
conjunto.add(66);// false  
conjunto.add(8);// true  
  
for(Integer inteiro : conjunto) System.out.println(inteiro + ",");
```

A diferença para o uso da classe HashSet é que a concretização fornecida pela classe TreeSet realiza um armazenamento ordenado.

Collections - A interface Queue

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com a interface Queue [Oracle, 2021]
[Boyarsky&Selikoff, 2016]

- ▶ **boolean add(E e)**: adiciona elemento na fila. Dispara uma exceção caso não seja possível o fazer;
- ▶ **E element()**: retorna o elemento que está na cabeça da fila (sem o remover). Dispara uma exceção caso a fila esteja vazia;
- ▶ **boolean offer(E e)**: adiciona elemento na fila, a retornar falso (**false**) caso não seja possível;

Collections - A interface Queue

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com a interface Queue [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016] (Continuação)

- ▶ **E peek():** retorna o elemento que está na cabeça da fila (sem o remover), a retornar nulo (**null**) caso a fila esteja vazia;
- ▶ **E poll():** retorna e remove o elemento que está na cabeça da fila, a retornar nulo (**null**) caso a fila esteja vazia;
- ▶ **E remove():** retorna e remove o elemento que está na cabeça da fila. Dispara uma exceção caso a fila esteja vazia.

Collections - Concretizações mais Conhecidas da Interface Queue

Concretizações mais conhecidas da Interface Queue

As concretizações mais conhecidas da *Interface Queue* são [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

- ▶ **LinkedList**: já comentada em transparências anteriores;
- ▶ **ArrayDeque**: concretização da *Interface Queue* com abstração de array. Boa parte dos métodos é executado no que é chamado de “tempo constante amortizado” $[O(m)]$, i.e., um tempo constante que depende do índice que o elemento ocupa dentro da estrutura de dados, o qual vai definir o valor de m .

Collections - Exemplo de uso da Interface Queue e sua Concretização

ArrayDeque [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
Queue<Integer> fila = new ArrayDeque<>();  
System.out.println(fila.offer(10)); // imprime true  
System.out.println(fila.offer(4)); // imprime true  
System.out.println(fila.peek()); // imprime 10  
System.out.println(fila.poll()); // imprime 10  
System.out.println(fila.poll()); // imprime 4  
System.out.println(fila.peek()); // imprime null
```

Collections - A interface Map

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com a interfaceMap [Oracle, 2021]
[Boyarsky&Selikoff, 2016]

- ▶ **void** `clear()`: remove todas as chaves e valores do mapa;
- ▶ **boolean** `containsKey(Object key)`: verifica se uma dada chave está presente no mapa;
- ▶ **boolean** `containsValue(Object value)`: verifica se um dado valor está presente no mapa;
- ▶ **V** `get(Object key)`: retorna o valor mapeado para a dada chave, ou nulo (**null**) se nenhum valor estiver mapeado;
- ▶ **boolean** `isEmpty()`: verifica se o mapa está vazio;

Collections - A interface Map

Principais métodos utilizados na manipulação efetuada com a interfaceMap [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016] (Continuação)

- ▶ **Set<K> keySet()**: retorna um conjunto com todas as chaves presentes no mapa;
- ▶ **V put(K key,V value)**: insere a associação do dado par [chave,valor] no mapa. Caso a chave já exista no mapa, retorna o valor que já estiver mapeado; caso contrário o retorno é nulo (**null**);
- ▶ **V remove(Object key)**: remove e retorna o valor mapeado para a dada chave, ou nulo (**null**) caso não exista nenhum mapeamento prévio;
- ▶ **int size()**: retorna o número de entradas, i.e. pares [chave,valor] presentes no mapa;
- ▶ **Collection<V> values()**: retorna uma coleção com todos os valores presentes no mapa.

Collections - Concretizações mais Conhecidas da Interface Map

Concretizações mais conhecidas da Interface Map

As concretizações mais conhecidas da *Interface Map* são [Oracle, 2021] [Boyarsky&Selikoff, 2016]:

- ▶ **HashMap**: armazena os pares [chave,valor] em uma tabela hash, a qual utiliza o método **hashCode()** durante o processo de armazenamento. Os métodos **get()** e **put()** oferecem execuções em tempo constante $O(1)$, a assumir que a função de *hash* distribui bem os elementos na estrutura de *buckets* (baldes) utilizada pelo armazenamento interno;
- ▶ **TreeMap**: armazena os pares [chave,valor] em uma estrutura de árvore ordenada *Red-Black* como base de sua implementação. Os métodos **containsKey()**, **get()**, **put()**, e **remove()** oferecem execuções em tempo logarítmico $O(\log n)$.

Collections - Exemplo de uso da Interface Map e sua Concretização HashMap [Boyarsky&Selikoff, 2016]

```
Map<String, String> mapa = new HashMap<>();  
mapa.put("coala", "bambu");  
mapa.put("leão", "carne");  
mapa.put("girafa", "folha");  
String comida = mapa.get("coala");// bambu  
for(String chave : mapa.keySet()) System.out.println(chave + ",");
```

Collections - A importância dos métodos `hashCode()` e `equals()` para as Coleções

Contrato do método `hashCode()`

O método `hashCode()` possui o seguinte contrato [Oracle, 2021]:

- ▶ Durante uma mesma execução de um dado programa, diferentes invocações do método `hashCode()`, sobre o mesmo objeto, devem retornar o mesmo valor;
- ▶ Caso dois objetos sejam considerados iguais, com base na comparação realizada pelo método `equals()`, a invocação do método `hashCode()` sobre os dois objetos deve retornar o mesmo valor;
- ▶ Não é obrigatório que dois objetos considerados diferentes, com base na comparação realizada pelo método `equals()`, possuam valores retornados pela invocação do método `hashCode()` diferentes. Entretanto, ao produzir valores diferentes tem-se uma melhoria no armazenamento e desempenho das tabelas *hash* utilizadas nos mapas.

Collections - A importância dos métodos `hashCode()` e `equals()` para as Coleções

Contrato do método `equals()`

O método `equals()` possui o seguinte contrato (i.e. relação de equivalência para referências não-nulas) [Oracle, 2021]:

- ▶ **Reflexivo:** para uma referência não-nula `x`, `x.equals(x)` deve retornar **true (verdadeiro)**;
- ▶ **Simétrico:** para duas referências não-nulas `x` e `y` iguais, `x.equals(y)` e `y.equals(x)` devem retornar **true (verdadeiro)**;
- ▶ **Transitivo:** para três referências não-nulas `x`, `y`, e `z`, se `x.equals(y)` retornar **true (verdadeiro)**, e `y.equals(z)` também retornar **true (verdadeiro)**, então `x.equals(z)` deve retornar **true (verdadeiro)**;
- ▶ **Consistente:** para duas referências não-nulas `x` e `y`, múltiplas invocações `x.equals(y)` devem retornar o mesmo valor;
- ▶ Para uma referências não-nula `x`, `x.equals(null)` deve retornar **false (falso)**.

Collections - A classe java.util.Collections

Prazer, chamo-me java.util.Collections, o canivete suíço das coleções...

A classe java.util.Collections possui métodos estáticos para a manipulação de coleções, a incluir métodos de ordenação e busca de elementos em uma lista. A seguir são mostrados alguns exemplos de utilização.

Collections - Exemplo de uso da classe `java.util.Collections`

para ordenar uma lista na ordem natural (crescente) dos elementos.

```
List<Integer> INumeros = new ArrayList<>();
```

```
INumeros.add(55); //Lista → [55]
```

```
INumeros.add(6); //Lista → [55,6]
```

```
INumeros.add(2); //Lista → [55,6,2]
```

```
INumeros.add(34); //Lista → [55,6,2,34]
```

```
INumeros.add(40); //Lista → [55,6,2,34,40]
```

```
Collections.sort(INumeros); //Lista → [2,6,34,40,55]
```

O algoritmo de ordenação utilizado é uma adaptação do famoso algoritmo de ordenação *mergesort*().

Collections - Exemplo de uso da classe `java.util.Collections`

para retornar a ordem reversa de elementos em uma lista.

```
List<Integer> INumeros = new ArrayList<>();
```

```
INumeros.add(55); //Lista → [55]
```

```
INumeros.add(6); //Lista → [55,6]
```

```
INumeros.add(2); //Lista → [55,6,2]
```

```
INumeros.add(34); //Lista → [55,6,2,34]
```

```
INumeros.add(40); //Lista → [55,6,2,34,40]
```

```
Collections.reverse(INumeros); //Lista → [40,34,2,6,55]
```

Collections - Exemplo de uso da classe `java.util.Collections`

```
List<Integer> lNumeros = new ArrayList<>();
```

```
INumeros.add(55); // Lista → [55]
```

```
INumeros.add(6); //Lista → [55,6]
```

```
INumeros.add(2); //Lista → [55,6,2]
```

INumeros.add(34); //Lista → [55,6,2,34]

INumeros.add(40); //Lista → [55,6,2,34,40]

Collections.sort(INumeros); //Lista → [2,6,34,40,55]

```
System.out.println(Collections.binarySearch(INumeros,34)); // imprime 2
```

PS: para realizar busca binária de elementos a lista precisa estar ordenada em ordem crescente.

Bibliografia



GOSLING, J.; JOY, B.; STEELE, G.; BRACHA, G.; BUCKLEY, A.; SMITH, D.; BIERMAN, G. **“The Java Language Specification: Java SE 16 Edition”**. Oracle. 2021. Disponível em: <https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se16/jls16.pdf>. Acesso em: 12 Jul. 2021.



ORACLE, INC. **“Java Platform, Standard Edition & Java Development Kit Version 16 API Specification”**. Oracle. 2021. Disponível em: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/16/docs/api/index.html>. Acesso em: 26 Jul. 2021.

Bibliografia (Continuação)

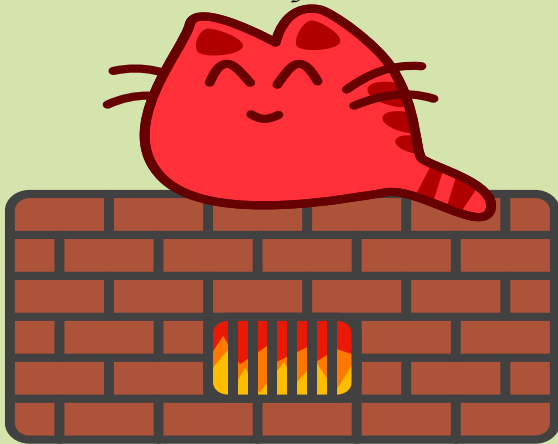


BOYARSKY, J. and SELIKOFF, S. **“Oracle Certified Associate Java SE 8 Programmer I: Study Guide”**. Sybex. Indianapolis, Indiana, USA. 2015.



BOYARSKY, J. and SELIKOFF, S. **“Oracle Certified Associate Java SE 8 Programmer II: Study Guide”**. Sybex. Indianapolis, Indiana, USA. 2016.

That's it folks!



Thank you for your attention!