

Indice

1	4-02-2019: INTRO	3
2	7-02-2019: DINAMIC DISPATCHING	5
3	11-02-2019: ITERATORI E GENERICS	7
4	15-02-2019: INTERFACCE	9
5	18-02-2019: CLASSI ASTRATTE	10
6	21-02-2019: REFLECTION	11
7	25-02-2019: EREDITARIETA'	12
8	28-02-2019: COVARIANZA e CONTROVARIANZA	13
9	4-03-2019: CLASSI ANONIME, LAMBDA E FUNZIONI ORDINE SUPERIORE	15
10	7-03-2019: WILDCARDS, NESTED CLASS E INNER CLASS	18
11	11-03-2019: WILDCARDS, NESTED CLASS E INNER CLASS	21
12	18-03-2019: ECCEZIONI	22
13	21-03-2019: COLLECTION, LIST E SET	23
14	25-03-2019: COMPARABLE, COMPARATOR, LIST E SET	29
15	28-03-2019: MAP	32
16	1-04-2019: HASH MAP	35
17	4-04-2019: SINGLETON E THREAD	37
18	8-04-2019: THREAD SYNCHRONIZED	39
19	11-04-2019: THREAD POOL	42
20	15-04-2019: THREAD POOL	44
21	18-04-2019: THREAD POOL	48
22	29-04-2019: PRODUTTORE CONSUMATORE	50

23	2-05-2019	53
24	6-05-2019	55
25	9-05-2019	57
26	13-05-2019	59

1 4-02-2019: INTRO

DICHIARAZIONE \neq ASSEGNAMENTO

L'assegnamento fa riferimento alla modifica di una variabile.

```
1 int n          /* Dichiarazione */
2 int m = n = 1; /* Inizializzazione */
3 n = 2          /* Assegnamento */
```

PROGRAMMAZIONE IMPEATTIVA VS FUNZIONALE

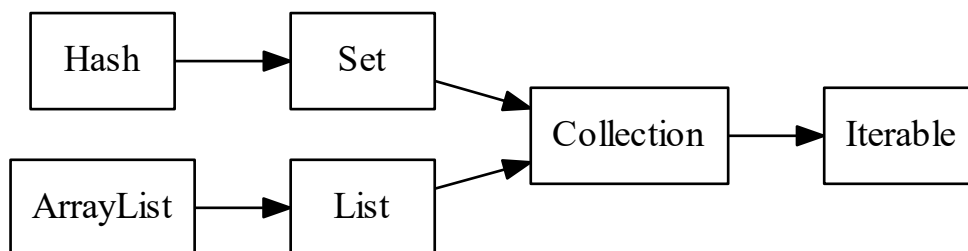
JAVA è un linguaggio *imperativo* ad oggetti. Questo significa che si programma variando lo stato interno delle varie istanze. In contrapposizione troviamo la programmazione funzionale che si basa sul richiamare e scrivere funzioni che non variano gli stati interni delle istanze. Nella programmazione funzionale sono usati spesso metodi che ritornano copie modificate di un determinato oggetto, senza modificare l'oggetto attuale.

JAVA VIRTUAL MACHINE

Java è stato realizzato con un compilatore integrato, che non compila in assembly, questo compilatore invece produce un file sorgente che non è eseguibile direttamente dalla macchina, bensì è eseguibile da una virtual machine, la JVM(*java virtual machine*). In questo modo viene garantita la portabilità del codice in vari computer con CPU diversa (come il Python e .NET).

Questa separazione non conta niente per il linguaggio, si riflette solamente sul modello architetturale.

U.M.L. = unified model language \Rightarrow rappresentazioni di gerarchie di classi.



- Tutte le sottoclassi sono dei sottoinsiemi.
- Tutte le superclassi sono dei sovrainsiemi.

I linguaggi ad oggetti ci permettono di costruire *tipi* e di definire *valori*.

```
1 Animale a = new Animale();
2 /* in Java gli oggetti sono valori
3  * dove: Animale -> tipo -> CLASSE
4  * a = nome variabile
5  * new Animale() ha un valore -> OGGETTO */
```

COMPILING TIME E RUNTIME

La gestione di sintassi e di errori viene fatta in due fasi. Dal compilatore(compiling time):

- Viene eseguito un controllo sintattico
- Viene eseguito controllo dei tipi, cioè che gli insiemi siano corretti

In fase di esecuzione(RunTime):

- Abbiamo a che fare con valori e non con tipi, vengono controllati i "cast"

I tipi di fatto sono una astrazione del linguaggio.

Il senso di un compilatore è quello di evitare di scrivere castonerie che a livello di esecuzione non avrebbero senso.

SOUNDNESS

Un linguaggio si dice *sound* quando il compilatore ti dà la certezza che in fase di esecuzione il programma sia eseguito correttamente senza possibilità di errori.

PARAMETRO IMPLICITO

Ogni metodo dichiarato ha sempre un parametro implicito (il parametro *this*). Esso è sottointeso e viene passato automaticamente, più eventuali parametri che vengono passati all'interno del metodo.

```
1 public class Animal {
2     private int peso;
3     ...
4     public void mangia(Animali a){
5         this.peso = this.peso + a.peso;
6     }
7 }
8
9 Cane fido = new Cane();
10 a.mangia(fido);          /* SUBSUMPTION (assunzione) */
```

POLIMORFISMO

L'eredità è un meccanismo che garantisce il funzionamento del *polimorfismo*.

- Polimorfismo per *SUBTYPING* o anche polimorfismo per inclusione: si riferisce al fatto che una espressione il cui tipo sia descritto da una classe A può assumere valori di un qualunque tipo descritto da una classe B sottoclasse di A (Vedi codice appena sopra)
- Polimorfismo dei *GENERIC*s: si riferisce al fatto che il codice del programma può ricevere un tipo come parametro invece che conoscerlo a priori (polimorfismo parametrico). In questo modo non si perde il tipo originario passato dall'oggetto al metodo

```
1 /* POLIMORFISMO SUBTYPING
2  * basato sui sottotipi ereditarietà */
3 Object ident (Object x){
4     return x;
5 }
6
7 /* POLIMORFISMO GENERICS (parametrico)
8  * non perdo informazioni sui tipi */
9 <T> T ident (T x){
10     return x;
11 }
12 /* questa funzione mi permette di riusare il
13  * metodo, in questo modo evito di fare CAST,
14  * e di sbagliare a farli */
```

2 7-02-2019: DINAMIC DISPATCHING

Nei linguaggi ad oggetti, lo strumento più potente è la classe. Quando definisco le entità che poi vado a tramutare in classi sto definendo DATI.

Le classi possono contenere dei metodi (funzioni che operano sugli oggetti della classe).

Definire sottoclassi significa definire *sottoinsiemi* nell'ambito dell'ereditarietà. Le nuove operazioni delle sottoclassi vanno inserite sapendo che le sottoclassi ereditano il set di funzioni delle superclassi. *IL POLI-MORFISMO* è uno strumento molto utile perchè ci permette di scrivere codice, funzioni che posso adoperare anche con tipi diversi!

@ serve per creare delle annotazioni nel codice, serve per il compilatore (es: @ override).

OVERRIDING

L'*Overriding* è il punto cruciale di tutta la programmazione ad oggetti. Fare overriding significa sovrascrivere un metodo ereditato dalla super classe per poterne specializzare il suo comportamento. Se non potessi farlo significa che nelle sottoclassi non posso andare a specializzare un metodo. Specializzare un metodo significa cambiare l'implementazione della super classe senza cambiarne la firma.

DINAMIC DISPATCHING

Il *Dinamic dispatching* serve in fase di runtime a scegliere la versione giusta del metodo da richiamare. Infatti se ho degli over ride nelle mie classi, sarà solo in fase di run time che Java deciderà quale metodo richiamare. Se nella mia classe non esiste il metodo richiamato, il dinamic dispatching va a prendere l'implementazione del metodo dalla superclasse. Nella memoria che contiene le informazioni degli oggetti ci sono tutti i puntatori ai metodi di una classe, in run time viene eseguito il codice del puntatore corretto. (*vedere: virtual table*). Un *OGGETTO* infatti è costituito da un insieme dei suoi campi e da puntatori ai metodi della classe ed è grazie a questo che il dispatching funziona: il compilatore controlla i tipi e garantisce che nel compiling time tutto questo funzioni.

Ogni espressione ha un tipo!

CLASSI E METODI STATICI

- I metodi statici sono quei metodi di una classe che appartengono alla classe, non alle istanze di una classe. Si possono richiamare senza creare un oggetto. I metodi statici possono quindi accedere solo a dati statici e non alle variabili di istanza della classe, possono solo richiamare altri metodi statici della classe, e soprattutto non possono usare il parametro implicito *this*.

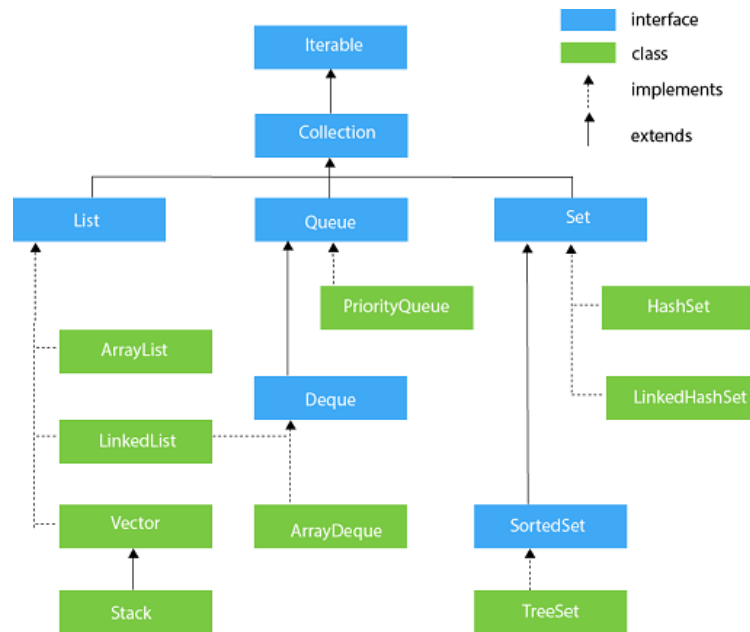
- Le classi statiche in java possono solamente esistere se sono *innestate (nested)*. Esse possono accedere solamente dati statici della classe che le contiene. Una classe statica interna non vede il riferimento *this* dell'altra classe, essa può accedere solamente ai campi statici della classe che la contiene.

Le classi statiche non sono però come i membri statici, è possibile infatti instanziarne più istanze, tutte quante indipendenti e non relazionate tra di loro.

COLLECTION

Le *Collection* o *contenitori* sono delle interfacce della libreria di JAVA e non si possono costruire.

Le *Collection* da sole non sono dei tipi, le *Collection* di un "qualcosa" sono dei tipi. I tipi parametrici vogliono infatti un *argomento*



PACCHETTI JAVA

JAVA SE ⇒ Standard Edition

JAVA EE ⇒ Enterprise Edition

JAVA ME ⇒ Mobile Edition

JAVA JDK ⇒ linguaggio + tutte le librerie standard (java development kit)

JAVA JRE ⇒ Solo a runtime, versione ridotta che serve solo a chi usa i programmi ma non al programmatore (java runtime environment)

File jar ⇒ Archivio di tutti i pacchetti del programma

JAVA JVM ⇒ (Java virtual machine) serve per eseguire i file .jar

La documentazione di java si trova on-line ed è diffusa in pacchetti che servono ad organizzare logicamente le classi, che sono organizzate in ordine alfabetico.

3 11-02-2019: ITERATORI E GENERICS

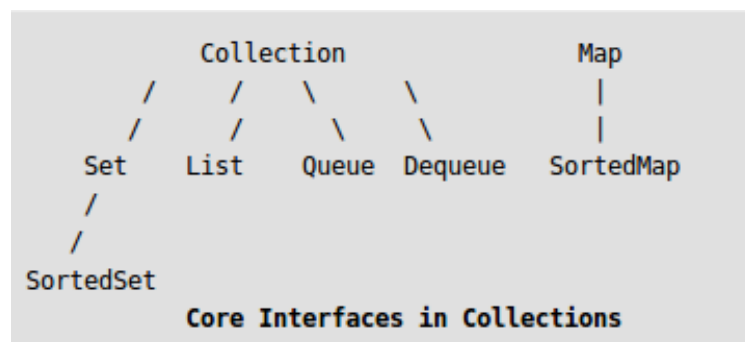
ITERATORE e ITERABLE

- *Iteratore*: E' un pattern, uno stile di programmazione. Il pattern degli iteratori esiste in tutti i linguaggi ad oggetti. Con iteratore intendiamo lo scorrimento di una collezione di elementi. L'iteratore serve quindi a scorrere una collection.
- *Iterable*: E' una super interfaccia, e l'interfaccia *Collection* implementa questa super interfaccia. Iterable è super tipo di tutte le interfacce.

Se una interfaccia rappresenta una super interfaccia significa che non ha un genitore, anche se in realtà estende *Object*

MAPPA

Una mappa è una struttura dati che mappa chiavi e valori, ha quindi due parametri: il tipo della chiave e il tipo del valore. Una mappa è una *collection* solo se vista come una collection di coppie. Infatti una *collection* è figlia di *iterable* (la posizione più alta nella gerarchia), ma una *mappa* NON è figlia di *iterable*



SOTTO TIPI

Ci riferiamo ad un oggetto usando la parola *sottotipo* quando esso è:

- O una sottoclasse (extends)
- O una sotto interfaccia (implements)

Ad esempio ArrayList ha come superclasse abstract ArrayList. ArrayList implementa collection. Quindi ne è sottotipo ma non sottoclasse.

GENERICS

<? extends classe> e <? extends E> rappresentano un tipo.

La *SUBSUMPTION* non funziona in genere sempre tra GENERICS. Per il parametro stesso c'è subsumption, ma non per le collection. Il tipo con il ? accetta sottotipi di parametri.

- Il TIPO ESTERNO gode sempre della subsumption.(List<Int>: List è tipo esterno)

```
1 ArrayList<Int> é sottotipo di List<Int>
```

- Il TIPO INTERNO non gode mai della subsumption(cioè il tipo all'interno di <>). La subsumption si può fare solo usando i generics(quindi con <? extends E>)

```
1 ArrayList<Iterable> non é sottotipo di ArrayList<Collection>
```

Si dice che abbiamo quindi "*Invarianza del subtyping*": se ciò non fosse le subsumption funzionerebbero anche nel tipo interno e questo rischierebbe la totale spaccatura del linguaggio (senza l'invarianza si possono creare problemi di cast ed oggetti).

Se così non fosse in java non verrebbero mai rispettate le regole delle classi.

```
1 /* Illegal code - because otherwise life would be Bad */
2 List<Dog> dogs = new ArrayList<Dog>(); /* ArrayList implements List */
3 List<Animal> animals = dogs; /* Awooga awooga */
4 animals.add(new Cat());
```

```
5 Dog dog = dogs.get(0); /* This should be safe, right? */
```

Java di unico ha che esiste il wildcard (?), che è un modo controllato per risolvere il problema della subsumption dei tipi interni.

Prima dei generics (2003/2004) in java si programmava tutto a typecast. Per motivi di retrocompatibilità è possibile programmare in tutti e due i modi. E' comunque consigliato usare la programmazione con i *generics*.

Metodi che ritornano un booleano iniziano con sempre come se fossero domande; es: hasNext, isEmpty etc..

Un iteratore non può essere costruito con un new perchè è un'interfaccia.

4 15-02-2019: INTERFACCE

INTERFACCE

```
1 public interface Iterator<T>{}
```

L'interfaccia è un contratto, nel senso che mette a disposizione una serie di metodi che ogni classe che estende quell'interfaccia deve obbligatoriamente implementare, pena un errore durante la fase di compilazione. In java quindi si può scrivere del codice ancora prima di sapere come si potrebbe implementare.

Facciamo un esempio: il "contratto" di iteratore è il seguente:

- boolean hasNext();
- T next();
- void remove()

Data una certa classe che può non essere sotto al nostro controllo non abbiamo bisogno sapere necessariamente come sono stati implementati i suoi metodi, ma ci ti basta sapere che esistono per poter dire se sia o meno un iteratore.

Esempio di definizione di un metodo con iteratore come input:

```
1 public static void scorri(Iterator<Integer> it){
2     while(it.hasNext()){
3         integer n = it.next();
4     }
5 }
```

Esempio di utilizzo

```
1 scorri(new Iterator<>(){
2     ...
3     ...
4     ...
5 });
```

Quest'ultima è un'espressione, o come meglio dire, un'oggetto fatto al volo. Questa sintassi è stata creata appositamente per le interfacce (dato che non si possono istanziare direttamente), senza dover andare a definire una classe con la classica implementazione dell'interfaccia.

ANONYMOUS CLASS meccanismo comodo per design pattern come le call-back.

Questa implementazione garantisce che la funzione sia *SOUND*, e non crasherà mai a *RunTime*

IMPLEMENTARE INTERFACCE

1) Con implements:

- controlla i metodi che hai implementato all'interno della classe
- assicura che siano implementati tutti

Tipi delle interfacce

Iterator \Rightarrow non è un tipo

Iterator<T> \Rightarrow è un tipo

NOTAZIONE BNS

BNS è il nome della notazione e serve per poter dare delle regole grammaticali. E' una notazione che definisce la sintassi delle espressioni

Iterator da solo, sintatticamente, sarebbe un tipo. Ma il compilatore verifica che non è un tipo e dà errore.

5 18-02-2019: CLASSI ASTRATTE

CLASSE ASTRATTA

Una classe si dice astratta quando ha almeno un metodo astratto, essa serve per impedire la sua costruzione (non posso quindi istanziarla). Delle classi vengono definite astratte se anche un solo metodo è astratto. Una delle maggiori differenze tra classi astratte ed interfacce è che una classe può implementare molte interfacce ma può estendere una sola classe astratta. Una interfaccia è zucchero sintattico di una classe astratta con soli metodi astratti. Zucchero sintattico (Syntactic sugar) è un termine coniato dall'informatico inglese Peter J. Landin per definire costrutti sintattici di un linguaggio di programmazione che non hanno effetto sulla funzionalità del linguaggio, ma ne rendono più facile ("dolce") l'uso per gli esseri umani. La differenza tra classe ed interfaccia in realtà non esiste.

Un array è una struttura dati lineare, omogenea e contigua in memoria.

Per leggere una *collection* si usano gli iteratori che servono per farne il get in sequenza.

VTABLE E DIMENSIONE DI UNA CLASSE

Una virtual Table, o dispatching table, è un meccanismo utilizzato per supportare il dynamic dispatching (o anche chiamato run-time method binding). Quando una classe definisce dei metodi virtuali, il compilatore nasconde all'interno dei membri della classe una variabile che punta ad un array di puntatori a funzioni. Questi puntatori sono poi usati a runtime per invocare l'implementazione della funzione appropriata, questo perchè in compile-time non è detto che si sappia se la funzione richiamata sia quella del tipo definito o sia derivata da un'altra classe.

```
1 public static class Animale(){
2     private int peso;
3 }
4
5 public static class Cane extends Animale{
6     private String nome;
7     public void abbaia(){};
8 }
9
10 public static class PastoreTedesco extends Cane{
11
12 }
```

Se costruisco un oggetto di tipo PastoreTedesco, esso sarà grande quanto un tipo int (32 bit) ed una stringa (un puntatore). Il tutto grazie alla virtual table che tiene in memoria i puntatori dei vari campi di uno oggetto.

6 21-02-2019: REFLECTION

REFLECTION

La *reflection* è una *features* del linguaggio java che non tutti i linguaggi di programmazione posseggono (Ad esempio il C++ non la possiede). Essa ci permette di conoscere i tipi e il contenuto delle classi a runtime. Ad esempio se voglio conoscere il tipo dell'enclosing class (classe che contiene) posso fare : nome.classe.this.nome. Ad esempio se abbiamo degli oggetti che vengono passati dentro ad un metodo che come parametro ha il tipo Object, non saremo più in grado di distinguere il loro tipo di classe "originale", per superare questo problema possiamo invocare la funzione getClass() che ci ritorna il loro vero tipo.

BINDING

Esistono due tipi di BINDING: static binding () e dynamic binding (un esempio è l'override dei metodi di una classe ereditata).

BINDING avviene anche con i tipi

I parametri di una funzione sono binding nello scope della funzione.

I type argument fanno binding con i type parameter, esattamente come avviene per le funzioni tra argomenti e parametri.

Quando si programma con i generics essi si PROPAGANO.

TYPE ERASURE

La cancellazione dei tipi in java avviene quando il compilatore "butta" via i generics generando classi non anonime e li sostituisce con Object: il motivo è per mantenere la compatibilità con il vecchio codice che non aveva generics. Quindi i generics sono verificati dal compilatore e poi cancellati per eseguire. Detto questo risulta quindi importante non creare mai all'interno della classe oggetti del tipo del parametro, perchè in fase di compilazione diventeranno di tipo Object!

7 25-02-2019: EREDITARIETA'

Se un oggetto ha dei campi esso pesa tanto quanto la dimensione dei campi. Ricordiamo che nei pc a 64 bit i puntatori pesano 8 byte.

L'ereditarietà serve anche a modificare i metodi della classe che viene ereditata. E' l'unico modo che abbiamo per modificare delle cose anche se non sappiamo cosa e chi le ha costruite. Soprattutto se non le possediamo. Un esempio è la classe ArrayList, che deve essere ereditata per implementare un metodo che ci permetta di scorrerla all'indietro.

I metodi statici non si possono override perchè non sono presenti nelle virtual table (sono funzioni sciolte).

Regola ereditarietà costruttore: se non definisco nessun costruttore nella sottoclasse è come se chiamassi il costruttore della superclasse SENZA parametro.

8 28-02-2019: COVARIANZA e CONTROVARIANZA

COVARIANZA e CONTROVARIANZA DEI TIPI

Scrivendo $C \leq A$ intendiamo che C è sottotipo di A . Definito l'operatore minore uguale passiamo alle definizioni vere e proprie.

VARIANZA

$C_1 < \tau_1 > \leq C_2 < \tau_2 > \Leftrightarrow C_1 \leq C_2 \wedge \tau_1 \equiv \tau_2$

Questa regola del type system di *java* ci dice che il linguaggio non è COVARIANTE, in quanto i generics non cambiano.

- Esempio: `ArrayList<cane> ≤ List<cane>` (sottotipo)
- Esempio: `ArrayList<cane> $\not\leq$ List<Animali>`

L'ultima formula non è covariante, se fosse possibile si avrebbe una doppia subsunzione sul guscio interno e sul tipo esterno

CONTROVARIANZA

Quando eredito un metodo di una classe posso sovrascriverlo usando l'overriding. Quando lo faccio un linguaggio di programmazione si dice controvariante se mi è possibile far scendere (specializzare) il tipo di ritorno, e al contempo mi è possibile far salire (rendere più generico) l'argomento di ingresso. Vediamo un esempio (*NON VALIDO IN JAVA*):

```
1  /* Data questa gerarchia di classi: */
2  public class Cane extends Animale{
3      /* nella classe Cane faccio l'override
4       * del metodo ereditato dalla classe
5       * Animale */
6      public Cane m(Cane c){
7          return c;
8      }
9  }
10
11 public class PastoreTedesco Extends Cane{
12     @Override
13     public PastoreTedesco m(Animale c){
14         return new PastoreTedesco();
15     }
16     /* rispetto al metodo originale
17      * il tipo di ritorno del metodo
18      * (PastoreTedesco) scende (sottoclassi)
19      * il tipo del parametro di ingresso
20      * (Animale) sale (superclasse) */
21 }
```

Detto questo è bene specificare che Java supporta i solo i tipi di ritorno controvarianti, è possibile controvariare SOLO il tipo di ritorno del metodo, ed è possibile farlo solamente scendendo (sottotipo). Ed è possibile Fare questo nella fase di overriding, non in quella di overloading. In caso di overloading il tipo di ritorno deve essere lo stesso.

Il seguente è l'esempio corretto in java:

```
1  public Cane m (Cane c){return c;}
2
3  @Override
4  public PastoreTedesco m(Cane c){return new PastoreTedesco();}
```

SOUNDNESS IN JAVA

- SOUND : un programma che compila può essere eseguito senza errori
- SOUND JAVA: un programma compila e termina, a meno di una eccezione.

Un esempio di SOUND JAVA è il seguente: in java è possibile avvenga un segmentation fault non per un problema di casting, ma solamente se accediamo ad un indice di un array che non abbiamo allocato, quindi il programma termina a meno di una eccezione. Ci sono invece linguaggi dove non esistono gli array, quindi non accadrà mai segmentation fault e il codice terminerà sempre alla fine senza eccezioni, ovviamente senza fare i controlli di semantica.

WILDCARDS

Recentemente è stato inserito un pattern che permette anche in Java la covarianza: sono i generics con i wildcards.

```
1 ArrayList<? extends Animale> m = new List<Cane>();
```

Da questo si capisce che la covarianza può essere usata, ma solamente se esplicitata con il wildcard.

Sono molto usati perchè i wildcard non sono tipi del primo ordine, infatti il *tipo* "? extends classe" non esiste!!!Non posso definire una variabile come segue:

```
1 ? extends Animale m = new Cane();  
2 /* questa sintassi si può usare solo come type argument */
```

Significato: permettono la covarianza, sono tipi temporanei che non possono essere scritti nel codice, però possono essere subsunti con il get().

Un altro DESIGN PATTERN: callback

9 4-03-2019: CLASSI ANONIME, LAMBDA E FUNZIONI ORDINE SUPERIORE

DESIGN PATTERN

- Iteratore
- Compact o Callback o Unary function

CLASSI ANONIME

Le classi *lambda* servono per fare funzioni al "volo", senza quindi avere il bisogno di implementare delle interfacce in classi separate. Vediamone un esempio:

```
1 interface HelloWorld {
2     public void greet();
3     public void greetSomeone(String someone);
4 }
5
6 public static void main (String args[]) {
7     HelloWorld frenchGreeting = new HelloWorld() {
8         String name = "tout le monde";
9         public void greet() {
10             greetSomeone("tout le monde");
11         }
12         public void greetSomeone(String someone) {
13             name = someone;
14             System.out.println("Salut " + name);
15         }
16     };
17 }
```

LAMBDA ASTRAZIONI

Le espressioni *lambda* servono per fare funzioni al "volo", senza quindi avere il bisogno di implementare delle interfacce in classi separate, classi anonime e classi innestate. Si ricorda che le espressioni lambda possono essere usate solo per implementare interfacce funzionali (cioè interfacce che possiedono un solo metodo astratto). Vediamone un esempio:

```
1 interface MyString {
2     String myStringFunction(String str);
3 }
4
5 public static void main (String args[]) {
6     MyString reverseStr = (str) -> {
7         String result = "";
8         return result;
9     };
10     reverseStr.myStringFunction("temp");
11 }
```

FUNZIONI DI ORDINE SUPERIORE

Sono delle funzioni che prendono delle funzioni come parametri di ingresso

```
1 /* questa interfaccia é equivalente all'interfaccia java.util.Functional
2  * essa infatti espone una serie di funzioni, senza implementazione, tra
3  * cui anche le call-back */
4 public interface Func<A, B>{
5     B execute(A a);
6
7     /* questa é l'unica funzione esposta dall'interfaccia
8     * un altro nome ragionevole per il metodo execute() é apply()
9     * oppure call() il nome deve ricordare il fatto di richiamare
10    * la funzione */
11 }
12
13 /* questa funzione va ad utilizzare la funzione Func definita sopra */
14 public static <A,B> List<B> map(List<A> I, Func<A,B> f){
15     List<B> r = new ArrayList<>();
16     for(A x: I)
17         r.add(f.execute(x));
18     return r;
19 }
```

```
19
20 }
```

A e B sono *generics* locali al metodo(e solo al metodo)

I generics sulle classi servono per parametrizzare, non per fare polimorfismo

```
1 public static <A,B> List<B> map(List<A> l, Func<A,B> f){
2 /* dove in "public static <A,B>" dichiaro i parametri che useremo
3 * mentre in "List<a> .. Func <A,B>" "uso" i parametri */
```

Funzione FILTER:

```
1 /* questa funzione é simile alla funzione Func definita sopra
2 * solo che rende più chiaro il suo scopo: filtrare degli elementi
3 * da aggiungere in una lista */
4 public static <A> List<A> Filter (List<A> l, Func<A,Boolean> p){
5     List<A> r = new ArrayList<>();
6     for(A x : l)
7         if(p.execute(x))
8             r.add(x);
9     return r;
10 }
```

La seguente *Filter2* NON funziona perché usa la *remove()* delle Collection, ma non è possibile rimuovere un elemento in fase di scorrimento (è scritto nella documentazione)

```
1 public static <A> void Filter2 (List<A>, Func<A, Boolean> p){
2     for(A a: l) /* il for each in Java essere zucchero sintattico */
3         if(p.execute(a))
4             l.remove(a);
5
6 }
```

Se non posso rimuovere come ho fatto sopra un elemento posso invece chiedere all'iteratore di rimuovere l'elemento stesso, esso rimuoverà quello a cui stiamo puntando. Quindi invece di usare un ciclo for come sopra, uso l'iteratore per scorrere la lista usando in metodo *hasNext*.

```
1 /* questo funziona perché chiama la remove() dell'iteratore
2 * mentre prima chiamavo il remove della lista */
3 public static <A> void Filter2 (List<A>l, Func<A, Boolean> p){
4     Iterator<A> it = l.iterator();
5     while(it.hasNext()){
6         A a = it.next();
7         if(!(p.execute(a)))
8             it.remove();
9     }
10 }
11
12 /* volendo posso usare le funzionalita delle nuove API FUNZIONALI
13 * l.removeIf(a -> !p.execute(a)); */
```

Posso usare *Function<A,B>* di java come funziona *Func*?

Esempio di chiamata:

```
1 public static void main(String argv[]){
2     List<String> strings = new ArrayList<>();
3     string.add("ciao");
4     string.add("pippo");
5     string.add("unive");
6     /* voglio calcolare la lunghezza della mia lista */
7     List<Integer> r = map(strings, new Func<String, Integer>{
8
9         /* "String" é la lista, "Integers" é la funzione
10         * In realtà devo passare un oggetto di tipo Func<>
11         * alla funzione map, perciò passo una classe anonima,
12         * all'interno della quale trovo solo un metodo
```



```

13      * (che ha la stessa firma del metodo dell'interfaccia Func)*/
14
15      @Override
16      public Integer execute(String a){
17          return a.length();
18      }
19  });
20  }

```

La seguente funzione data una lista di interi scarta gli elementi minori di zero: questo è il modo per non usare un for con un ciclo if innestato.

```

1  public static void main__filter(){
2      List<Integer> interi = new ArrayList<>();
3      interi.add(89);
4      interi.add(34);
5      interi.add(-16);
6      interi.add(560);
7      interi.add(-1);
8      interi.add(46);
9      /* filter prende una lista e un predicato e produce una lista in uscita */
10     List<Integer> l = Filter(ints, new Func<Integer, Boolean>(){
11         @Override
12         public Boolean execute (Integer a){
13             return a>=0;
14         }
15     });
16 }

```

Oppure

```

1  Filter2 (interi , new Func<Integer, Boolean>(){
2      @Override
3      public Boolean execute (Integer a)
4          return a>=0;
5  })

```

GENERIC LOCALI (Polimorfismo parametrico di primo ordine)

```

1  public static Object ident__ugly(Object o) {
2      return o;
3  }
4  /* con un metodo di subtyping che è POLIMORFISMO VERTICALE,
5   * questa funzione NON è SOUND perché sono costretto a
6   * fare un CAST di ciò che ricevo */
7
8  public static <X> X ident(X x) {
9      return x;
10 }
11 /* con i generics, che è POLIMORFISMO PARAMETRICO, non
12 * devo più fare nessun cast. Sono sicuro del tipo di
13 * ritorno */

```

```

1  public static void main__ident (){
2      Cane fido = new Cane();
3      Cane c = (Cane) ident__ugly(fido); /* ritorna un cane
4                                          * facendo un cast */
5      Cane c2 = ident(fido); /* ritorna un cane senza dover
6                              * fare un cast */
7      Gatto g = ident(new Gatto());
8  }

```

10 7-03-2019: WILDCARDS, NESTED CLASS E INNER CLASS

WILDCARDS

I tre tipi possibili di wildcards sono:

- `<?>` *top type* (o chiamato Unbounded Wildcard)
- `<? extends nametype>` (o chiamato Upper Bounded Wildcards)
- `<? super nametype >` (o chiamato Lower Bounded Wildcards)

TOP TYPE

Il tipo "?" non può essere usato come tipo per una variabile quindi dichiarare "?" x non si può fare. Posso però dichiarare questo: "Object x = l1.get(..)"

```
1 List<?> l1 = new ArrayList<Cane>();
2 /* Il "?" da solo indica un tipo che gerarchicamente
3  * e più in alto di Object, viene detto top type.
4  * In poche parole indica che non ci sono
5  * restrizioni sul tipo di parametro passato,
6  * e che quindi la lista contiene un tipo non
7  * conosciuto */
8
9 l1.get(int index) /* il compilatore ritorna l'errore in
10                  * compile- time: " capture of ? "
11                  * qualcosa che sia figlio del top type */
12
13 /* List<?> significa che creo una lista di un tipo
14  * sconosciuto. In conseguenza di ciò il compilatore
15  * mi segnala errore quando cerco di richiamare il
16  * metodo l1.add("qualcosa") perché non sa come
17  * proteggere la lista! Infatti una lista può
18  * avere un solo tipo per volta, se con il top
19  * type potessi aggiungere di tutto mi ritroverei una
20  * lista con elementi tutti diversi tra di loro. Non
21  * potendo però verificare di che tipo sia la lista,
22  * che potrebbe essere una lista di qualsiasi tipo,
23  * non mi lascia aggiungere niente.
24 */
```

UPPER BOUNDED WILDCARDS

"? extends Animale" indica che come parametro posso passare un qualsiasi tipo che sia figlio di Animale. l2.get(0) -> ritorna un capture of ? extends Animale -> qualsiasi cosa figlia di animale (posso però fare Binding di qualcosa che sia al massimo Animale)

```
1 List<Animale> t3 = new ArrayList<Gatto>();
2 /* è errato, si può subscribere solamente il guscio
3  * esterno, per farlo con il guscio (tipo) interno
4  * la versione corretta è fatta con il wildcard */
5
6 List<? extends Animale> t3 = new ArrayList<Gatto>();
```

Vediamo ora un'altro esempio:

```
1 List<?> l1 = new ArrayList<Cane>();
2 List<? extends Animale> l2 = new ArrayList<Gatto>();
3 l1 = l2 /* è assegnazione valida */
4 l2 = l1 /* NON è assegnazione valida */
```

Continua a valere il discorso del top type. Data una lista di un upper bounded type il compilatore non mi lascia aggiungerci elementi perchè semplicemente non può verificare la loro correttezza! Un esempio è il seguente:

```
1 List<Gatto> l1 = new ArrayList<Gatto>();
2 l1.add(new Gatto("bianco"));
3 List<? extends Animale> l2 = l1; /* operazione valida */
```

```

4  l2.add(new Cane("nero"));
5  /* il compilatore mi segnalerà un errore quando uso add, se così
6   * non fosse avrei grossi problemi, avrei aggiunto alla
7   * lista di gatti un cane !!! */

```

Questo tipo di liste vanno bene per poter schematizzare una funzione che riceve liste che poi userà per riempirne un'altra.

LOWER BOUNDED WILDCARDS

"? super Animale" indica che come parametro posso passare qualsiasi tipo che sia più su di Animale (più generale).

In questo caso posso passare animale a tutto quello che sta sopra.

l2.add(new Animale) -> ?? non compila perchè...

Questo genere di wildcards sono molto utili, perchè permettono di essere passati ad una funzione, la quale poi andrà ad aggiungerci dati. Vediamone un esempio:

```

1  public static aFunc(List<? super Cane> l){
2      l.add(new Cane("nero")); /* valido */
3      l.add(new PastoreTedesco(nero)); /* valido */
4      l.add(new Animale()); /* NON VALIDO */
5  }
6  /* perché é valido? perché é una lista di un tipo che
7   * non conosco di preciso, ma so che é super tipo
8   * di cane. Quindi ogni oggetto di sotto tipo di Cane
9   * é sicuramente subsubimile al super tipo */

```

ESEMPI

Riprenderemo la map vista nella lezione scorsa.

```

1  public static <A,B> List<B> map(List<A> I, Func<A,B> f)();

```

Ad esempio, per trasformare animali in piante:

```

1  public static class Vegetale{}
2
3  public static void main_map(){
4      List<cani> l1 = new ArrayList<>();
5      List<Vegetali> l2 = map(l1, new func<Animale, Vegetale>(){
6          @Override
7          public Vegetale execute(Animale a){
8              return null;
9          }
10     });
11 }
12

```

Questa funzione riportata sopra non compila in quanto i *generics* non sono soggetti alla subsumption. Per farla compilare modifichiamo la funzione map come segue:

```

1  public static <x, y> List<x> map(List<x>, Func(? super <x, y> f)){
2      ...
3  }

```

Riporto anche una versione il più generale possibile:

```

1  public static <X, Y> List<Y> map(List<X> l, Func<? super X, ? extends Y> f) {
2      List<Y> r = new ArrayList<>();
3      for (X x : l) {
4          r.add(f.execute(x));
5      }
6      return r;
7  }

```

NESTED CLASS

```
1 public class Main__Functional {
2     public static void main__filter() {
3         ...
4     }
5 }
```

In java esistono due tipi di nested class (classi innestate): quelle statiche (nested class) e quelle non statiche (inner class).

- Le *nested class* sono senza nessuna relazione con la outer class, o enclosing class, e quindi non hanno riferimento al this. Di esse posso istanziarne più oggetti senza che venga istanziata nessuna istanza dell'enclosing class.
- Le *inner class* invece vedono i campi della enclosing class, compreso il parametro implicito this. Di esse posso crearne più istanze solo ed esclusivamente se sono istanziate con un riferimento ad una istanza della outer class.

Le due tipologie di classi (Inner e Outer) non servono a creare gerarchie, ma solo a creare ordine nel codice. Se una classe innestata non ha relazioni con la enclosing class è meglio farla statica, risulta un codice più pulito e meno pesante, perchè non serve mantenere il riferimento al this ogni volta.

OVERLOADING

Il meccanismo dell'overloading permette di definire metodi con stesso nome ma firma diversa.

```
1 public static class c{
2     public int m(){
3         return 1;
4     }
5     public int m(int x){
6         return x+1;
7     }
8     public int m(float x){
9         return (int)(x-1.0f);
10    }
11    public int m(int x, int y){
12        return x+y;
13    }
14 }
```

L'overloading non è permesso cambiando il tipo di ritorno e lasciando il resto inalterato. Devono essere diversi i solo i parametri!

-ordine
-tipi
-numeri

L'overloading è del tutto gestito dal compilatore, e **non** viene quindi fatto durante la run-time.

```
1 public Number m(Number x){
2     return x;
3 }
```

Vediamo un esempio:

```
1 int foo(){...};
2 float foo(){...};
3 ...
4 ... = foo();
5 /* come fa il compilatore a sapere
6  * quale foo deve richiamare se
7  * differiscono per il parametro di ritorno?
8  * Non può saperlo, ecco perché
9  * l'overloading richiede i tipi di ritorno
10 * uguali */
```

11 11-03-2019: WILDCARDS, NESTED CLASS E INNER CLASS

WAITING FOR SOME DATA

Sembrerebbe che nessuno abbia preso appunti questo giorno

12 18-03-2019: ECCEZIONI

ECCEZIONI

Quando si lanciano eccezioni è bene ricordarsi la differenza tra *throw* e *throws*

```
1 public void writeList() throws IOException {
2     if(true)
3         throw new IOException("demo");
4 }
```

- *throws* viene messa affianco alla firma del metodo, seguita da una lista delle eccezioni, e serve per dichiarare quali *TIPI* di eccezioni possono essere lanciati da un determinato metodo.

- *throw* seguito da un oggetto di tipo eccezione, serve per lanciare l'eccezione.

Si noti quindi che con *throws* si dichiarano i tipi che verranno lanciati ma poi lanciamo oggetti: questo rappresenta un tipo di subtyping.

Si possono lanciare solo eccezione figlie del tipo *Throwable*. *Throwable* è un super tipo di *Exception* e di tutte le classi lanciabili.

Come regola generale quindi *throw* ha bisogno di essere seguito da un'espressione con tipo compatibile per poter essere lanciata.

Il *catch* è lo strumento di binding per il *throw*.

Le eccezioni non ritornano per forza al chiamante se ritornano a chi se le prende. Infatti quando avviene una chiamata ad un metodo, questa appartiene ad una catena di chiamanti. Le eccezioni possono quindi restituire qualcosa o al chiamante della funzione o ritornare qualcosa ad uno dei chiamanti della catena. Se risalendo questa catena l'eccezione non viene catturata nemmeno dal main questa passa direttamente alla *Java Virtual Machine*

Il sistema try-catch è stato ideato per evitare delle forti anomalie del programma.

Nel canale ufficiale del return vengo solamente ritornati i risultati "giusti", in caso contrario verrà lanciata un'eccezione: questo è lo stile richiesto per i linguaggi evoluti. Invece di complicare il tipo di ritorno usiamo le eccezioni.

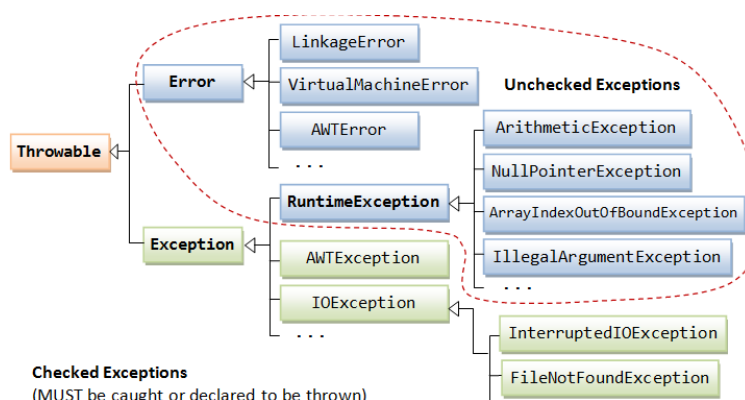
Al posto delle eccezioni possiamo definire un tipo di ritorno che codifica il fatto che hai trovato o meno quello che cercavi. Questa tecnica non è molto leggibile per chi non ha scritto il codice, sarebbe meglio usare il design pattern "tipo-eccezione". Esso è utile anche perchè in questo modo non si può scrivere codice che non funzioni, mentre definendo un nuovo tipo è possibile.

I TRE TIPI DI ECCEZIONE

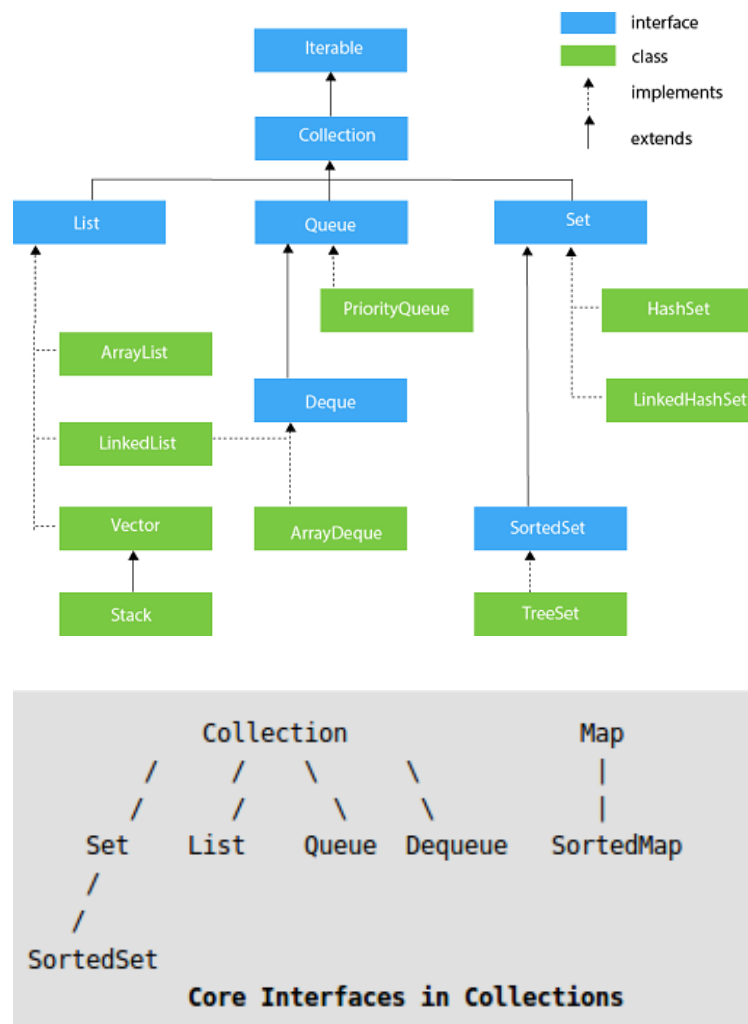
- **Checked exception:** Sono le condizioni di errore che l'utente deve poi obbligatoriamente gestire. Esse si usano per situazioni eccezionali in cui l'utente può ragionevolmente gestire il tutto con i try catch (ad esempio una selezione invalida in una interfaccia grafica). Questi tipi di errori devono necessariamente usare la clausola *throws*.

- **Runtime exception:** Sono le condizioni di errore a gestione non obbligatoria, che se non gestite, possono arrivare fino al main e chiudere il programma. Sono usate per quegli errori non recuperabili con la gestione try e catch e che si possono evitare prestando attenzione quando si scrive il codice (es: index out of bound exception). Questi tipi di errori NON devono necessariamente usare la clausola *throws*.

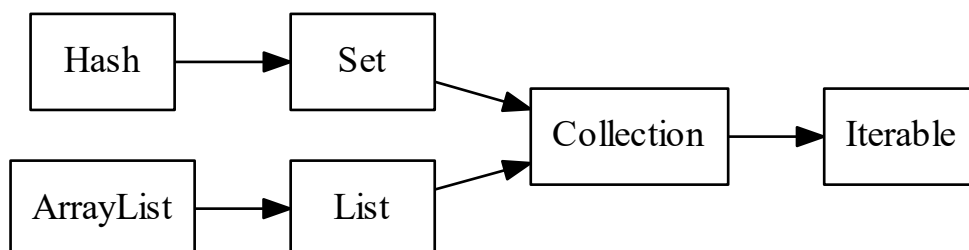
- **Errors:** Sono quegli errori irrecuperabili che l'utente non può gestire (memoria finita)



13 21-03-2019: COLLECTION, LIST E SET



- -> ITERABLE: Posso solo scorrere
- —> COLLECTION: Posso scorrere, aggiungere e togliere
- —> LIST: Posso scorrere e aggiungere o togliere con un indice
- —> ARRAYLIST: è sottotipo di list, in quanto implementa list!



Per evitare di riprodurre codice si usano le classi astratte dalle quali poi si erediterà.

Relazione di ordinamento: operatore binario che permette di mappare elementi di due insiemi diversi.

Una classe con metodi tutti statici non si può costruire. Rappresenta dunque un contenitore di metodi (è un pezzo di libreria).

CARATTERISTICHE DI SET

- Gli elementi non sono duplicati
- Gli elementi non sono ordinati in base a come sono inseriti
- Non vengono inseriti metodi nuovi, eredita solo quelli del padre
- I metodi nuovi vengono messi nella classe che implementa l'interfaccia
- Tiene un ordinamento che cerca di massimizzare le operazioni di ricerca ed estrazione

CARATTERISTICHE DI LIST

- Gli elementi possono essere duplicati
- Gli elementi sono ordinati in base all'ordine di inserimento
- Rispetto ai metodi del padre ne aggiunge altri che permettono di leggere ed inserire elementi in un determinato indice

CODICE DI ESEMPIO

Il professore questo giorno ha caricato su github del codice chiamato: TinyJDK. Lo riporto per completezza:

```
1  /* Classe: MyIterable.java */
2  public interface MyIterable<E> {
3
4      MyIterator<E> iterator();
5      int find(E x) throws Exception;
6
7  }
```

```
1  /* Classe: MyIterator.java */
2  public interface MyIterator<E> {
3      boolean hasNext();
4      E next();
5  }
```

```
1  /* Classe: MyCollection.java */
2  import java.util.Collection;
3  import java.util.function.Function;
4
5  public interface MyCollection<T> extends MyIterable<T> {
6      void add(T x);
7      void clear();
8      void remove(T x);    // da decidere se ci piace o no
9      boolean contains(T x);
10     boolean contains(Function<T, Boolean> p);
11     int size();
12
13
14 }
```

```
1  /* Classe: MyList.java */
2
3  public interface MyList<T> extends MyCollection<T> {
4      void add(int i, T x);
5      T get(int i);
6      void set(int i, T x);
7  }
```

```
1  /* Classe: MySet.java */
2  public interface MySet<T> extends MyCollection<T> {
3  }
```

ESEMPIO IMPLEMENTAZIONE LIST

Vediamo un esempio di implementazione della classe List, collection in cui gli elementi vengono memorizzati

in ordine di arrivo.

```
1  /* Classe: MyArrayList.java */
2  import java.util.Collection;
3  import java.util.function.Function;
4
5  public class MyArrayList<T> implements MyList<T> {
6
7      private Object[] a;
8      private int actualSize;
9
10     public static class MyException extends Exception {
11         public MyException(String s) {
12             super(s);
13         }
14     }
15
16     /*      T[] toArray() {
17         return (T[]) a;
18     } */
19
20     /*      public static Exception returnNow() {
21         return new Exception("msg");
22     }
23
24     public static void throwNow() throws Exception {
25         throw new Exception("msg");
26     }
27
28     public static void caller() throws Exception {
29         Exception e = returnNow();
30         throwNow();
31     }
32
33     public static void caller2() {
34         try {
35             caller();
36         }
37         catch (Exception e2) {
38             // fai qualcosa con e2
39         }
40     }
41
42     public void m(int x) throws Exception {
43         MyException e = new MyException("error message");
44         if (x < 0) throw e;
45     }
46 */
47
48     public MyArrayList() {
49         clear();
50     }
51
52     public static class NotFoundException extends Exception {
53     }
54
55     /* ritorna l'indice in cui è memorizzato un oggetto equivalente a
56     * quello passato come parametro di ingresso */
57     @Override
58     public int find(T x) throws NotFoundException {
59         int cnt = 0;
60         MyIterator<T> it = iterator();
61         while (it.hasNext())
62         {
63             T y = it.next();
64             if (x.equals(y)) return cnt;
65             ++cnt;
66         }
67         throw new NotFoundException();
68     }
69
70
71
72
73
74     public static void main3() {
75         MyArrayList<Integer> c = new MyArrayList<>();
76         try {
```

```

77         int index = c.find(6);
78         System.out.println("found at index = " + index);
79     } catch (NotFoundException e) {
80         try {
81             int index = c.find(7);
82         } catch (NotFoundException e1) {
83
84         }
85     }
86 }
87
88
89 @Override
90 public boolean contains(T x) {
91     for (int i = 0; i < actualSize; ++i) {
92         Object o = a[i];
93         if (o.equals(x)) return true;
94     }
95     return false;
96 }
97
98
99 @Override
100 public boolean contains(Function<T, Boolean> p) {
101     return false;
102 }
103
104 @Override
105 public int size() {
106     return actualSize;
107 }
108
109
110 @Override
111 public void clear() {
112     a = new Object[100];
113     actualSize = 0;
114 }
115
116 @Override
117 public void add(T o) {
118     a[actualSize++] = o;
119     if (actualSize >= a.length) {
120         Object[] u = new Object[a.length * 2];
121         for (int j = 0; j < a.length; ++j)
122             u[j] = a[j];
123         a = u;
124     }
125 }
126
127 @Override
128 public MyIterator<T> iterator() {
129     return new MyIterator<T>() {
130         private int pos = 0;
131
132         @Override
133         public boolean hasNext() {
134             return pos <= actualSize;
135         }
136
137         @Override
138         public T next() {
139             return (T) MyArrayList.this.a[pos++];
140         }
141     };
142 }
143
144 @Override
145 public void add(int i, T x) {
146 }
147
148
149 @Override
150 public T get(int i) {
151     return (T) a[i];
152 }
153
154 @Override
155 public void set(int i, T x) {

```

```

156     a[i] = x;
157 }
158
159 @Override
160 public void remove(T x) {
161 }
162 }
163
164 }

```

ESEMPIO IMPLEMENTAZIONE SET

Vediamo un esempio di implementazione della classe Set, collection in cui gli elementi vengono inseriti secondo una certa logica interna. In questo caso gli elementi verranno tenuti secondo l'ordine imposto o da comparator o da comparable.

```

1  /* Classe: MyArrayListSet.java */
2  import java.util.ArrayList;
3  import java.util.Arrays;
4  import java.util.Collections;
5  import java.util.Comparator;
6  import java.util.function.Function;
7
8  public class MyArrayListSet<T extends Comparable<T>> implements MySet<T> {
9      private final Comparator<T> p;
10     private final ArrayList<T> a;
11
12     public MyArrayListSet(Comparator<T> p) {
13         this.a = new ArrayList<T>();
14         this.p = p;
15     }
16
17     @Override
18     public void add(T x) {
19         if (!contains(x)) {
20             a.add(x);
21             sort();
22         }
23     }
24
25     private void sort() {
26         Collections.sort(a, p);
27     }
28
29     @Override
30     public void clear() {
31         a.clear();
32     }
33
34     @Override
35     public void remove(T x) {
36         a.remove(x);
37     }
38
39     @Override
40     public boolean contains(T x) {
41         return a.contains(x);
42     }
43
44     @Override
45     public boolean contains(Function<T, Boolean> p) {
46         return a.contains(p);
47     }
48
49     @Override
50     public int size() {
51         return a.size();
52     }
53
54     @Override
55     public MyIterator<T> iterator() {
56         return a.iterator();
57     }
58
59     @Override
60     public int find(T x) throws Exception {
61         return a.find(x);

```

```
62     }  
63 }
```

14 25-03-2019: COMPARABLE, COMPARATOR, LIST E SET

Ha continuato quello che ha fatto la scorsa lezione... in più ha spiegato le interfacce *comparable* e *comparator*

COMPARABLE E COMPARATOR

- *Comparable*: è un'interfaccia con un unico metodo `compareTo(T obj)` che compara se stesso con un oggetto di tipo T. E' quindi interfaccia funzionale.
- *Comparator*: è un'interfaccia con molti metodi, il metodo `compare(T a, T b)` ci permette di realizzare una classe che compara oggetti tra di loro.

Vediamo un esempio di utilizzo preso dalla classe `Sort`:

```
1 Sort(T a) /* Posso usare questo metodo quando gli oggetti sono
2    * sicuramente di tipo comparable. In fase di ordinamento
3    * richiamerò il compare su ogni elemento */
4 Sort(T a, Comparator<T>) /* Uso questo metodo quando voglio rendere
5    * gli oggetti comparabili al momento, senza usare
6    * l'interfaccia comparable */
```

RIPRENDO IL CODICE VISTO L'ALTRA VOLTA + ESEMPIO COMPARATOR

L'altra volta ho realizzato direttamente la classe `MyArrayListSet.java` implementando `MySet`. Un modo alternativo di farlo consiste nel creare una classe astratta con dei metodi di default ed estenderla.

```
1 /* Classe: MyAbstractArrayListSet.java */
2 import java.util.*;
3 import java.util.function.Function;
4
5 public abstract class MyAbstractArrayListSet<T> implements MySet<T> {
6     protected final ArrayList<T> a;
7
8     /* un costruttore protetto significa che non posso istanziare
9     * la classe stessa nel codice di un fantomatico main, ma
10    * che sono costretto ad ereditarla */
11     protected MyAbstractArrayListSet() {
12         this.a = new ArrayList<T>();
13     }
14
15     @Override
16     public void add(T x) {
17         if (!contains(x)) {
18             a.add(x);
19             sort();
20         }
21     }
22
23     protected abstract void sort();
24
25     @Override
26     public void clear() {
27         a.clear();
28     }
29
30     @Override
31     public void remove(T x) {
32         a.remove(x);
33     }
34
35     @Override
36     public boolean contains(T x) {
37         return a.contains(x);
38     }
39
40     @Override
41     public boolean contains(Function<T, Boolean> p) {
42         return a.contains(p);
43     }
44
45     @Override
46     public int size() {
47         return a.size();
48     }
49 }
```

```

48     }
49
50     @Override
51     public MyIterator<T> iterator() {
52         Iterator<T> it = a.iterator();
53         return new MyIterator<T>() {
54
55             @Override
56             public boolean hasNext() {
57                 return it.hasNext();
58             }
59
60             @Override
61             public T next() {
62                 return it.next();
63             }
64         };
65     }
66
67     @Override
68     public int find(T x) throws Exception {
69         int r = a.indexOf(x);
70         if (r < 0) throw new Exception("not found");
71         return r;
72     }
73 }

```

```

1  /* Classe: MyArrayListSet.java */
2  /* é stata modificata la classe dell'altra volta */
3
4  import java.util.*;
5  import java.util.function.Function;
6
7  public class MyArrayListSet<T> extends MyAbstractArrayListSet<T> {
8
9      private final Comparator<T> p;
10
11      public MyArrayListSet(Comparator<T> p) {
12          super();
13          this.p = p;
14      }
15
16      @Override
17      protected void sort() {
18          Collections.sort(a, p);
19      }
20
21 }

```

ESEMPIO COMPARABLE

```

1  /* Classe: MySortedSet.java */
2  public interface MySortedSet<T> extends Comparable<T> extends MySet<T> {
3
4  }

```

```

1  /* Classe: MyArrayListSortedSet.java */
2  import java.util.*;
3  import java.util.function.Function;
4
5  public class MyArrayListSortedSet<T> extends Comparable<T>
6      extends MyAbstractArrayListSet<T>
7      implements MySortedSet<T> {
8      /* implements é stato aggiunto la lezione
9       * successiva */
10
11      public MyArrayListSortedSet() {
12          super();
13      }
14
15      @Override
16      protected void sort() {
17          Collections.sort(a);
18      }

```

19
20 }

```
1  /* Classe: Main.java */
2  import java.util.*;
3
4  public class Main {
5
6      public static class Plant {
7          private int height;
8      }
9
10
11     public static class Animal implements Comparable<Animal> {
12         private int weight;
13         private String name;
14
15         public Animal(String name, int w) {
16             this.name = name;
17             this.weight = w;
18         }
19
20         public int getWeight() { return weight; }
21
22         public String getName() {
23             return name;
24         }
25
26         @Override
27         public int compareTo(Animal o) {
28             return this.weight - o.weight;
29             /*if (this.weight == o.weight) return 0;
30             else if (this.weight > o.weight) return 1;
31             else return -1;*/
32         }
33     }
34
35     public static class Dog extends Animal {
36
37         public Dog(String name, int w) {
38             super(name, w);
39         }
40     }
41
42     public static void main(String[] args) {
43
44         List<Animal> a = new ArrayList<>();
45         Collections.sort(a);
46
47         List<Plant> b = new ArrayList<>();
48         Collections.sort(b, new Comparator<Plant>() {
49             @Override
50             public int compare(Plant x, Plant y) {
51                 return x.height - y.height;
52             }
53         });
54     }
55 }
56
```

15 28-03-2019: MAP

Affinchè due classi siano confrontabili devono implementare il metodo `compareTo`

Solitamente si usa il modificatore `protected` invece che `private` in modo tale che da fuori non possano essere modificate, ma possano essere viste quando vengono ereditate.

MAPPE

Una mappa è un oggetto che mappa chiavi con valori. Non ci possono essere chiavi duplicate e ogni chiave può mappare al più un valore.

Una mappa rappresenta una collection associativa.

Una mappa è parametrica su due tipi di argomenti. Uno rappresenta il dominio (chiave), e l'altro rappresenta il codominio (valore). La gerarchia delle mappe è legata dalla gerarchia delle collection.

Per la documentazione java sulle mappe consultare questo [SITO](#)

Una mappa è una collection associativa, con coppie associate a valori.

Il `foreach` di JAVA funziona solo con le librerie del JDK originale di JAVA.

`Super` può essere usato per il costruttore o per metodi che eredito, non è di per sé un metodo e non ha un tipo.

Durante la lezione il professore ha aggiunto nel repository di github il seguente codice:

```
1  /* Classe: Pair.java */
2  public class Pair<A, B> {
3      private A a;
4      private B b;
5
6      public Pair(A a, B b) {
7          this.a = a;
8          this.b = b;
9      }
10
11     public A getFirst() { return a; }
12     public B getSecond() { return b; }
13
14 }
```

```
1  /* Classe: NotFoundException.java */
2  public class NotFoundException extends Exception {
3  }
```

```
1  /* Classe: MyMap.java */
2  public interface MyMap<K, V> extends MyCollection<Pair<K, V>> {
3      /*K = sono le chiavi */
4      /*V = sono i valori */
5      void put(K key, V value);
6      V get(K key) throws NotFoundException;
7
8  }
```

IMPLEMENTAZIONE DI MAPPE

Decidiamo di implementare la nostra mappa in due maniere diverse! La prima è la più facile che ci viene in mente:

```
1  /* Classe: MyListMap__old.java */
2  import java.util.function.Function;
3
4  public class MyListMap__old<K, V> implements MyMap<K, V> {
5
6      private MyList<Pair<K, V>> l;
7
8      public MyListMap__old() {
9          this.l = new MyArrayList<>();
10     }
11 }
```



```

12  @Override
13  public void put(K key, V value) {
14      l.add(new Pair<K, V>(key, value));
15  }
16
17  @Override
18  public V get(K key) throws NotFoundException {
19      MyIterator<Pair<K, V>> it = l.iterator();
20      while (it.hasNext()) {
21          Pair<K, V> p = it.next();
22          if (key.equals(p.getFirst())) return p.getSecond();
23      }
24      throw new NotFoundException();
25  }
26
27  @Override
28  public void add(Pair<K, V> x) {
29      put(x.getFirst(), x.getSecond());
30  }
31
32  @Override
33  public void clear() {
34      l.clear();
35  }
36
37  @Override
38  public void remove(Pair<K, V> x) {
39      l.remove(x);
40  }
41
42  @Override
43  public boolean contains(Pair<K, V> x) {
44      return l.contains(x);
45  }
46
47  @Override
48  public boolean contains(Function<Pair<K, V>, Boolean> p) {
49      return l.contains(p);
50  }
51
52  @Override
53  public int size() {
54      return l.size();
55  }
56
57  @Override
58  public MyIterator<Pair<K, V>> iterator() {
59      return l.iterator();
60  }
61
62  @Override
63  public int find(Pair<K, V> x) throws Exception {
64      return l.find(x);
65  }
66 }

```

La seconda implementazione è la più concisa:

```

1  /* Classe: MyListMap.java */
2  public class MyListMap<K, V> extends MyArrayList<Pair<K, V>>
3      implements MyMap<K, V> {
4
5      @Override
6      public void put(K key, V value) {
7          add(new Pair<K, V>(key, value));
8      }
9
10     @Override
11     public V get(K key) throws NotFoundException {
12         MyIterator<Pair<K, V>> it = iterator();
13         while (it.hasNext()) {
14             Pair<K, V> p = it.next();
15             if (key.equals(p.getFirst())) return p.getSecond();
16         }
17         throw new NotFoundException();
18     }
19 }

```

```
1  /* Classe: Main.java */
2  /* é stata modificata la classe dell'altra volta */
3  /* riporto solo la modifica: ha aggiunto main2 */
4
5  public static void main2() {
6      MyCollection<Pair<String, Integer>> rubrica = new MyListMap<>();
7      rubrica.add(new Pair<>("Alvise", 34712345));
8      rubrica.add(new Pair<>("Diego", 987654321));
9  }
```

Finita la lezione il professore ha deprecato la classe: MyListMap_ _ old.java

16 1-04-2019: HASH MAP

HASH MAP

Le hash Map sono sempre delle mappe, solo che il tipo di una chiave viene identificato con un interno. Questo può rendere la ricerca più veloce!.

Per cercare si esegue l'hash di quello che voglio cercare (per esempio hashare una stringa), poi vado a cercare in un array indicizzato (questa operazione costa $O(1)$ costante).

Le l'hash map sono però inefficienti in termini di memoria.

Il costruttore dell' hash map è il seguente:

```
1  HashMap(int initialCapacity, float loadFactor)
```

Esso costruisce una hash map vuota con una capacità iniziale uguale a quella specificata e con un fattore di carico anch'esso specificato. Il fattore di carico (load factor) specifica di quanto si deve moltiplicare quando si ingrandisce la mappa.

```
1  HashMap(Map<? extends K, ? extends V> m)
```

Costruisce una nuova hash map, popolandola con i valori della mappa passata. Viene chiamato costruttore per copia.

Si subsume fino al punto che serve (un buon compromesso è subsumere fino all'interfaccia). Se però mi servono dei metodi specifici, non possono subsumere.

La classe Object ha un metodo hashCode che tutti gli oggetti ereditano. Serve per hashare this.

Il professore ha aggiunto il seguente codice nel suo repository github quel giorno:

```
1  /* Classe: Main.java */
2  /* è stata modificata la classe dell'altra volta */
3  /* Ha aggiunto solo l'hashCode e il main3(), la
4   * riporto tutta per completezza */
5
6  import java.util.*;
7
8  public class Main {
9
10     public static class Plant {
11         private int height;
12     }
13
14     public static class Animal implements Comparable<Animal> {
15         private int weight;
16         private String name;
17
18         public Animal(String name, int w) {
19             this.name = name;
20             this.weight = w;
21         }
22
23         public int getWeight() { return weight; }
24
25         public String getName() {
26             return name;
27         }
28
29         @Override
30         public int compareTo(Animal o) {
31             return this.weight - o.weight;
32         }
33
34         @Override
35         public int hashCode() {
36             return weight * name.hashCode();
37         }
38     }
```

```

39 }
40
41
42 public static class Dog extends Animal {
43
44     public Dog(String name, int w) {
45         super(name, w);
46     }
47
48     @Override
49     public int hashCode() {
50         return super.hashCode();
51     }
52 }
53
54 public static void main3() {
55
56     Map<Dog, String> m = new HashMap<>();
57     Dog emma = new Dog("emma", 10);
58     Dog toby = new Dog("toby", 10);
59     Dog bob = new Dog("bob", 20);
60
61     m.put(emma, "cecilia");
62     m.put(toby, "mihail");
63     m.put(bob, "alex");
64 }
65
66
67
68
69
70 public static void main2() {
71     MyCollection<Pair<String, Integer>> rubrica = new MyListMap<>();
72     rubrica.add(new Pair<>("Alvise", 34712345));
73     rubrica.add(new Pair<>("Diego", 987654321));
74 }
75
76
77 public static void main(String[] args) {
78
79     List<Animal> a = new ArrayList<>();
80     Collections.sort(a);
81
82     List<Plant> b = new ArrayList<>();
83     Collections.sort(b, new Comparator<Plant>() {
84         @Override
85         public int compare(Plant x, Plant y) {
86             return x.height - y.height;
87         }
88     });
89
90 }
91 }

```

17 4-04-2019: SINGLETON E THREAD

DESIGN PATTERN SINGLETON

Si limita l'istanza di una classe a una sola istanza.

Può servire per creare oggetti statici (per esempio un campo statico esiste anche prima dell'istanza dell'oggetto del tipo della classe a cui appartiene).

Un costruttore privato può essere accessibile solo dalla classe, e non dall'esterno.

I metodi statici che ritornano lo stesso tipo del costruttore della classe sono costruttori travestiti.

I costruttori sono metodi d'istanza. Non serve il modificatore di accesso static, anche se sono simili a metodi statici.

I metodi statici sono pseudo costruttori, se usati nel modo opportuno.

Un metodo statico è un metodo che non ha bisogno di istanza. Un campo statico si può vedere anche se non ha istanza (da un metodo statico si può accedere solo a campi statici, poichè non ha riferimento al this).

In questo corso non andremo oltre con questo design pattern perchè sempre di più in programmazione si sta andando verso la programmazione funzionale (in contrapposizione a quella imperativa).

```
1  /* Classe: Main.java */
2  package patterns.singleton;
3
4  public class Main {
5
6      public static void main(String[] args) {
7          Singleton single1 = Singleton.getInstance();
8          Singleton single2 = Singleton.getInstance();
9          System.out.println("is it the same object? " + (single1 == single2));
10     }
11
12 }
```

```
1  /* Classe: Singleton.java */
2  package patterns.singleton;
3
4  class Singleton {
5      private static Singleton instance = null;
6
7      // costruttore privato per non permettere a nessuno di costruire questa classe
8      private Singleton() {}
9
10     // metodo statico che funge da pseudo-costruttore
11     public static Singleton getInstance() {
12         if (instance == null)
13             instance = new Singleton();
14         return instance;
15     }
16 }
```

INTERFACCIA GRAFICA

Un widget è un supertipo dell'interfaccia grafica.

Busy-Loop: ciclo che cicla a vuoto, non restituendo il controllo al S.O.

Le interfacce grafiche non si programmano a busy-loop. Si chiede al sistema operativo di "svegliarmi quando accade un evento". Dunque si programmano a suon di call-back.

Un esempio di call-back è il ctr-c per interrompere un programma in una shell linux. Questa combinazione di tasti manda un segnale, ma in realtà viene invocata una call-back.

Programmazione ad eventi: si programma con la call-back che vengono chiamate quando opportuno.

THREAD IN JAVA

Per generare dei *Thread* in java esistono principalmente due metodi:

- Si estende la classe *Thread* e si fa l'override del metodo *run*
- Si istanzia la classe *Thread* passando al costruttore un'istanza di una classe che implementa l'interfaccia *Runnable*

```
1  /* Classe: Main.java */
2  package threads;
3
```

```

4 public class Main {
5
6     private static void loop(int n, int ms) {
7         for (int i = 0; i < n; ++i) {
8             System.out.println(String.format("thread[%d]: #%d",
9                 Thread.currentThread().getId(), i));
10            try {
11                Thread.sleep(ms);
12            } catch (InterruptedException e) {
13                e.printStackTrace();
14            }
15        }
16
17        public static class MyThread extends Thread {
18            private final int n;
19
20            public MyThread(int n) {
21                this.n = n;
22            }
23
24            @Override
25            public void run() {
26                Main.loop(n, 300);
27            }
28        }
29
30
31
32        public static void main(String[] args) {
33            MyThread th = new MyThread(23);
34            /* thread start comincia un nuovo thread
35             * e poi invoca il run */
36            th.start();
37
38            /* Richiamare il run cosi avvia semplicemente
39             * il metodo run, ma senza cominciare un nuovo
40             * thread. infatti le chiamate di questo run
41             * si sovrappongono a quelle dello start */
42            th.run();
43
44            /* Questa procedura parte dopo che é stata
45             * richiamata e terminata quella invocata
46             * da th.run() */
47            loop(11, 500);
48        }
49
50 }

```

SLEEP

Thread.sleep è un metodo che lancia una checked exception (eccezione a gestione obbligatoria), quindi bisogna sempre metterlo all'interno di un try catch, pena un errore in compilazione. Ma perchè? se un'altro thread richiama sul nostro thread che sta dormendo la funzione: *interrupt()* il thread verrà risvegliato e verrà lanciata da esso l'eccezione *InterruptedException*

18 8-04-2019: THREAD SYNCHRONIZED

Ai fini didattici andremo ad implementare una pool di thread, ovvero una coda dove sono tenuti dei thread "fermi" da un semaforo mutex. Quando avremo bisogno di un thread andremo a rendere verde il suo mutex e nel momento in cui non ci serve più, al posto di eliminarlo, andremo a rimetterlo in coda.

Una coda è una struttura FIFO, che nel nostro caso deve essere bloccante (blocking queue). Infatti si tratta di una coda che viene bloccata nel momento in cui è vuota e viene richiesto un elemento. Così facendo una `get()` non potrà mai fallire, dato che aspetta sempre che ci sia qualcosa.

Nella nostra versione: se il thread è presente nella coda lo usiamo e lo facciamo andare, se invece non è presente lo creiamo al momento. La pool di thread quindi crea thread al momento del bisogno, ed implica che la coda può ingigantirsi all'infinito.

L'interfaccia che più si avvicina alle nostre esigenze è: *Queue<E>*

SYNCHRONIZED

La keyword `Synchronized` può essere usata per due scopi in java:

- **Mutex:** quindi la uso per evitare condizioni di race condition
- **Consistenza della memoria:** quando un thread modifica una variabile non è detto che un'altro thread possa visualizzare gli effetti della modifica. Se abbiamo un thread che incrementa una variabile ed un'altro thread che stampa il valore della stessa variabile, è possibile che il thread stampante stampi sempre lo stesso valore! Questo può essere dovuto a motivi di cache. Per evitare che questo succeda usiamo il `synchronized`! Il codice dentro ad un blocco sincronizzato viene sincronizzato il tutti i thread.

SYNCHRONIZED COME MUTEX

- *Synchronized come firma del metodo:* è una keyword di java che inserita nella firma di un metodo garantisce la mutua esclusione del metodo in modo tale che venga eseguito da un thread alla volta. Il `Synchronized` come mutex di un oggetto è uguale a questo `Synchronized` come firma del metodo solo che si usa `this` come oggetto per il mutex, perciò garantisce la mutua esclusione per tutti i metodi dello stesso oggetto (anche metodi differenti della stessa istanza sono sincronizzati sul `this` e quindi si aspettano a vicenda), oggetti differenti funzionano senza "sentire il mutex".
- *Synchronized come mutex di un oggetto:* la stessa keyword può essere usata anche come segue: *`Synchronized(Object)`* {azioni da sincronizzare} questo implica che ogni oggetto può essere usato come un mutex (Object ha infatti i metodi `"wait"` e `"notify"`).

Il miglior metodo per gestire la concorrenza è usare `Synchronized` all'interno di un metodo e non nella sua firma.

Di sbagliato infatti c'è che non va mai bene proteggere tutto un metodo, ma andrebbe protetta soltanto la sezione critica! Notiamo che `Synchronized` è uno statement e non un'espressione, quindi al posto di un `for` useremo un `while`.

```
1  /* Classe: Main.java */
2  /* è stata modificata la classe dell'altra volta */
3  /* Ha rimosso il run ed aggiunto i due synchronize */
4  package threads;
5
6  public class Main {
7      /* avendolo messo static, se non sincronizzo
8       * può essere che due thread si pestino i
9       * piedi sul valore di "i" */
10     public static Integer i = 0;
11
12     private static void loop(int n, int ms) {
13
14         synchronized (i) { i = 0; }
15         while (i < n) {
16             System.out.println(String.format("thread[%d]: %d",
17                 Thread.currentThread().getId(), i));
18             try {
19                 Thread.sleep(ms);
20             } catch (InterruptedException e) {
21                 e.printStackTrace();
22             }
23             synchronized (i) { ++i; }
24         }
25     }
26
27     public static class MyThread extends Thread {
```

```

28     private final int n;
29
30     public MyThread(int n) {
31         this.n = n;
32     }
33
34     @Override
35     public void run() {
36         Main.loop(n, 300);
37     }
38
39 }
40
41
42 public static void main(String[] args) {
43     MyThread th = new MyThread(23);
44     th.start();
45     /* ha rimosso il run perché é già richiamato
46      * dalla th.start(); */
47     loop(11, 500);
48 }
49
50 }

```

Vediamo un modo migliore di sincronizzare il thread:

```

1  /* Classe: SynchronizedMain.java */
2  package threads;
3
4  public class SynchronizedMain {
5      /* Creando una istanza statica so per certo che
6       * ogni thread farà riferimento a questa istanza
7       * bisogna perciò essere sicuri che sia
8       * sincronizzata */
9      public static final Counter counter = new Counter();
10
11      private static class Counter {
12          public static final int MAX = 30;
13
14          private int value = 0;
15
16          public synchronized int get() {
17              return value;
18          }
19
20          public synchronized void set(int x) {
21              value = x;
22          }
23
24          /* questo metodo fa la lettura e il post-incremento
25           * in maniera ATOMICA */
26          public synchronized int getAndIncrement() {
27              return value++;
28          }
29      }
30
31      private static void printAndSleep(int counter, int delay) {
32          System.out.println(String.format("thread[%d]: #%d",
33              Thread.currentThread().getId(), counter));
34          try {
35              Thread.sleep(delay);
36          } catch (InterruptedException e) {
37              e.printStackTrace();
38          }
39      }
40
41      /* usando i metodi get() e set() di Counter, non é garantita
42       * l'atomicità dell'operazione di incremento, non c'è
43       * corruzione di memoria perché sia le letture (get) sia le
44       * scritture (set) sono atomiche, tuttavia il comportamento non
45       * é quello atteso e produce in output più thread che
46       * contemporaneamente stampano lo stesso counter */
47      private static void loop_BAD(int delay) {
48          while (counter.get() < Counter.MAX) {
49              printAndSleep(counter.get(), delay);
50              counter.set(counter.get() + 1);
51          }
52      }
53  }

```



```

51     }
52
53     /* qui invece usiamo un metodo apposito che legge e
54     * incrementa in modo ATOMICO in questo modo il
55     * comportamento è corretto */
56     private static void loop__GOOD(int delay) {
57         int i;
58         /* occorre una variabile di appoggio:
59         * è un binding nello scope locale di
60         * una copia dell'intero
61         * post-incrementato */
62         while ((i = counter.getAndIncrement()) < Counter.MAX) {
63             printAndSleep(i, delay);
64             /* se al posto della variabile di appoggio
65             * i usassimo direttamente counter.get() qui,
66             * potremmo ottenere un valore sbagliato */
67         }
68     }
69 }
70
71 private static void loop(int delay) {
72     /* cambiare la chiamata per provare entrambe
73     * le versioni */
74     //loop__BAD(delay);
75     loop__GOOD(delay);
76 }
77
78 private static class MyThread extends Thread {
79     private final int delay;
80
81     public MyThread(int delay) {
82         this.delay = delay;
83     }
84
85     @Override
86     public void run() {
87         SynchronizedMain.loop(delay);
88     }
89 }
90
91
92 public static void main(String[] args) {
93     MyThread th = new MyThread(500);
94     th.start();
95     loop(300);
96 }
97
98 }

```

19 11-04-2019: THREAD POOL

CONCURRENTLINKEDQUEUE

Aggiunto appunti miei... ConcurrentLinkedQueue è semplicemente una coda di tipo FIFO, che può essere usata da più thread contemporaneamente. Essa ci garantisce che se un thread aggiunge un elemento mentre un'altro thread ne sta aggiungendo un'altro non si verifichino problemi di memoria. Nulla vieta però che se la coda ha un elemento e cerchiamo di leggerlo, un'altro thread non l'abbia già letto e ci ritroviamo a leggere da una coda vuota. La lettura di una coda vuota ritorna null.

WAIT AND NOTIFY

Bisogna innanzitutto sapere che wait e notify per funzionare devono essere usati all'interno di blocchi sincronizzati sullo stesso oggetto! nel caso vengano usati al di fuori di blocchi sincronizzati tirano delle eccezioni.

- *wait()*: Forza il thread corrente ad aspettare. Il thread viene sospeso fino a che qualcuno non chiama notify
- *notify()*: Risveglia e mette in run i thread che erano stati fermati con wait.

CODICE VISTO A LEZIONE

Gli appunti dell'altra volta sono gli stessi di questa lezione, il professore ha aggiunto un po di codice.

```
1  /* Classe: SynchronizedMain.java
2   * ha modificato il codice della
3   * scorsa volta, riporto solo la
4   * modifica */
5   public static void main(String[] args) {
6   /*     MyThread th = new MyThread(500);
7   *     th.start(); */
8       new MyThread(500).start();
9
10      new Thread(() -> loop(400)).start();
11
12      loop(300);
13  }
```

Sucessivamente è tornato a concentrarsi sui thread pool.

Ha creato due classi di thread pool diverse con una diversa implementazione!

```
1  /* Classe: ThreadPool.java */
2  /* IMPLEMENTAZIONE FATTA IN
3   * TINYJDK/threads */
4  package threads;
5
6  public class ThreadPool implements Queue<Thread> {
7
8
9
10 }
```

```
1  /* Classe: ThreadPool.java */
2  /* Questa classe non é ancora completa
3   * é una bozza, verrà completata nelle prossime
4   * lezioni */
5  /* IMPLEMENTAZIONE FATTA IN CLASSE
6   * SOTTO A WORK */
7
8  import java.util.Queue;
9  import java.util.concurrent.ConcurrentLinkedQueue;
10
11 public class ThreadPool {
12     private Queue<PooledThread> q = new ConcurrentLinkedQueue<>();
13
14     public static class PooledThread extends Thread {
15         private Runnable r;
16     }
17
18     public PooledThread acquire(Runnable cb) {
19         if (q.isEmpty()) {
20             return new PooledThread();
21         }
22     }
```

```

22     else {
23         PooledThread p = q.poll();
24         p.notify();
25     }
26 }
27
28 public void release(PooledThread t) {
29     q.add(t);
30 }
31
32 public static void threadMain(PooledThread p) {
33     while (true) {
34         try {
35             p.wait();
36             p.r.run(); // TODO: potrebbe essere null
37         } catch (InterruptedException e) {
38             e.printStackTrace();
39         }
40     }
41 }
42
43 public static void main(String[] args) {
44     ThreadPool pool = new ThreadPool();
45     Thread t1 = pool.acquire();
46     t1.
47 }
48 }

```

Sucessivamente ha modificato ancora la synconized main

```

1  /* Classe: SynchronizedMain.java */
2  /* è stata modificata la classe di prima */
3  /* ne riporto solamente la modifica al main */
4  public static void main(String[] args) {
5      MyThread th1 = new MyThread(500);
6      th1.start(); // spawn thread 1
7
8      /* non serve conservare l'oggetto thread
9       * in una variabile se non è necessario.
10     * Spawn thread 2 con un runnable in
11     * costruzione */
12     new Thread(() -> loop(400)).start();
13
14     /* esegue lo stesso codice anche
15     * col main thread */
16     loop(300);
17 }

```

20 15-04-2019: THREAD POOL

APPUNTI PRESI IN CLASSE

Nel codice visto a lezione abbiamo usato i seguenti import :

```
1 import org.jetbrains.annotations.NotNull;
2 import org.jetbrains.annotations.Nullable;
```

Così facendo abbiamo accesso a delle nuove features!

- nullness: `@Nullable` con questa annotazione si possono marcare i metodi, campi e variabili per suggerire che quell'entità può ritornare null come valore. Inoltre serve a rimarcare che bisogna controllare che il valore che viene restituito da una funzione sia null.
- notnullness: `@NotNull` con questa annotazione assicuriamo che l'elemento non sia mai null.

CODICE DEL PROFESSORE

Ci sono due implementazione della classe ThreadPool.

```
1  /* Classe: PoolMain.java */
2  /* Usa il ThreadPool presente in
3   * TINIJDK/threads */
4  package threads;
5
6  import java.util.Random;
7  import java.util.concurrent.TimeoutException;
8
9  public class PoolMain {
10
11     public static void main(String[] args) {
12         ThreadPool pool = new ThreadPool(10, 3);
13         while (true) {
14             ThreadPool.print("%s", pool);
15             try {
16                 Thread t = pool.acquire(() -> {
17                     final long now = System.currentTimeMillis();
18                     sleep(500);
19                     ThreadPool.print("took %d ms", System.currentTimeMillis() -
20                                     now);
21                 });
22                 sleep(100);
23             } catch (InterruptedException | TimeoutException e) {
24                 e.printStackTrace();
25             }
26         }
27
28         private static Random rand = new Random();
29
30         private static void sleep(int ms) {
31             try {
32                 Thread.sleep(rand.nextInt(ms));
33             } catch (InterruptedException e) {
34                 e.printStackTrace();
35             }
36         }
37     }
```

```
1  /* Classe: ThreadPool.java */
2  /* Ha modificato la classe che
3   * stava in TINIJDK/threads */
4
5  package threads;
6
7  import org.jetbrains.annotations.NotNull;
8  import org.jetbrains.annotations.Nullable;
9
10 import java.util.Objects;
11 import java.util.concurrent.BlockingQueue;
```

```

12 import java.util.concurrent.LinkedBlockingQueue;
13 import java.util.concurrent.TimeUnit;
14 import java.util.concurrent.TimeoutException;
15
16 public class ThreadPool {
17     private static final long DEFAULT_ACQUIRE_TIMEOUT_MS = 500L;
18     @NotNull
19     private final BlockingQueue<PooledThread> q;
20     private final int max;
21     private int total = 0;
22
23     @Override
24     public String toString() {
25         return String.format("ThreadPool[available:%d total:%d max:%d]",
26             available(), total(), max);
27     }
28
29     private synchronized void incrementTotal() {
30         ++total;
31     }
32
33     private synchronized void decrementTotal() {
34         --total;
35     }
36
37     public ThreadPool(int max, int prespawn) {
38         q = new LinkedBlockingQueue<>(max);
39         this.max = max;
40         for (int i = 0; i < Math.min(max, prespawn); ++i) {
41             q.add(spawn());
42         }
43     }
44
45     public ThreadPool(int max) {
46         this(max, 0);
47     }
48
49     private static void print(String s) {
50         System.out.println(String.format("%s: %s", Thread.currentThread(), s));
51     }
52
53     public static void print(String fmt, Object... o) {
54         print(String.format(fmt, o));
55     }
56
57     protected class PooledThread extends Thread {
58         @Nullable
59         private Runnable currentRunnable;
60
61         @Override
62         public String toString() {
63             return String.format("[%s:%d]", getName(), getId());
64         }
65
66         @Override
67         public void run() {
68             incrementTotal();
69             synchronized (ThreadPool.this) {
70                 total++;
71             }
72
73             try {
74                 while (true) {
75                     print("entering wait state...");
76                     @NotNull Runnable r;
77                     synchronized (this) {
78                         wait();
79                         r = Objects.requireNonNull(currentRunnable);
80                     }
81                     print("awaken: executing custom runnable...");
82                     try {
83                         r.run();
84                     } catch (Throwable e) {
85                         print("exception caught during execution of custom runnable");
86                         e.printStackTrace();
87                     }
88                     synchronized (this) {
89                         currentRunnable = null;
90                     }
91                 }
92             }
93         }
94     }
95 }

```

```

89         }
90         if (!q.offer(this)) {
91             print("cannot requeue due to space limit");
92             break;
93         }
94     }
95     } catch (InterruptedException e) {
96         print("interrupted exception");
97         e.printStackTrace();
98     }
99     print("exiting");
100    decrementTotal();
101    }
102 }
103
104 public int available() {
105     return q.size();
106 }
107
108 public synchronized int total() {
109     return total;
110 }
111
112 @NotNull
113 private PooledThread spawn() {
114     PooledThread p = new PooledThread();
115     p.start();
116     print("spawned new thread %s", p);
117     return p;
118 }
119
120 @NotNull
121 public Thread acquire(@NotNull Runnable cb, long time, @NotNull TimeUnit
    unit) throws InterruptedException, TimeoutException {
122     @NotNull final PooledThread p;
123     if (q.isEmpty()) {
124         if (total() < max)
125             p = spawn();
126         else {
127             print("pool max reached: waiting for an available thread...");
128             PooledThread tmp = q.poll(time, unit);
129             if (tmp == null)
130                 throw new TimeoutException();
131             p = tmp;
132         }
133     } else {
134         p = q.poll();
135     }
136     synchronized (p) {
137         p.currentRunnable = cb;
138         p.notify();
139     }
140     return p;
141 }
142
143 @NotNull
144 public Thread acquire(@NotNull Runnable cb) throws InterruptedException,
    TimeoutException {
145     return acquire(cb, DEFAULT_ACQUIRE_TIMEOUT_MS, TimeUnit.MILLISECONDS);
146 }
147
148 }

```

```

1  /* Classe: ThreadPool.java */
2  /* Ha modificato la classe che
3   * stava in work */
4
5  package threads.work_in_progress;
6
7  import org.jetbrains.annotations.NotNull;
8  import org.jetbrains.annotations.Nullable;
9
10 import java.util.Objects;
11 import java.util.Queue;
12 import java.util.concurrent.ConcurrentLinkedQueue;
13
14 public class ThreadPool {

```

```

15 private Queue<PooledThread> q = new ConcurrentLinkedQueue<>();
16
17 public static class PooledThread extends Thread {
18     @Nullable
19     private Runnable currentRunnable;
20
21     @Override
22     public void run() {
23         while (true) {
24             try {
25                 synchronized (this) {
26                     print("waiting...");
27                     wait();
28                     print("awaken");
29                 }
30                 Objects.requireNonNull(currentRunnable).run();
31             } catch (InterruptedException e) {
32                 e.printStackTrace();
33             }
34         }
35     }
36
37     @Override
38     public String toString() {
39         return String.format("[%s:%d]", this.getName(), this.getId());
40     }
41 }
42
43
44 public PooledThread acquire(Runnable cb) {
45     @NotNull final PooledThread p;
46     if (q.isEmpty()) {
47         System.out.println("spawning");
48         p = new PooledThread();
49         p.start();
50     } else {
51         p = q.poll();
52     }
53     synchronized (p) {
54         print("notify");
55         p.currentRunnable = cb;
56         p.notify();
57         return p;
58     }
59 }
60
61 public void release(PooledThread t) {
62     q.add(t);
63 }
64
65
66 public static void main(String[] args) {
67     ThreadPool pool = new ThreadPool();
68     Thread t1 = pool.acquire(() -> {
69         try {
70             Thread.sleep(300);
71         } catch (InterruptedException e) {
72             e.printStackTrace();
73         }
74         print("bye");
75     });
76 }
77
78 private static void print(String s) {
79     System.out.println(String.format("%s: %s", Thread.currentThread(), s));
80 }
81 }

```

21 18-04-2019: THREAD POOL

CONTINUAZIONE DEI THREAD

Thread.currentThread() ritorna un oggetto di tipo thread che rappresenta se stesso. Ritorna una istanza della classe Thread in carica di eseguire il thread.

Il metodo run non può lanciare nessuna eccezione di tipo checked

Quando si usano i timeout si è soliti specificare quanto tempo e l'unità di misura. Essa si può specificare usando TimeUnit.UNITADIMISURA.

ESPRESSIONI LAMBDA

Sintassi:

- $(\tau_1 x_1, \dots, \tau_n x_n) \rightarrow E$ Dove E è un'espressione

Vengono passati anche i tipi in quanto non c'è un type inference completo. Inoltre l'espressione della lambda può essere anche un blocco.

Vediamo degli esempi:

- $(intn) \rightarrow (n + 1)$ E' corretta
- $(intx) \rightarrow return x + 1$ E' errata. infatti il return non è un'espressione, è uno statement, dunque ci vanno le graffe.
- $(intx) \rightarrow \{ return x + 1 \}$ E' corretta
- $() \rightarrow 1$ E' corretta

In generale se l'espressione lambda è semplice si possono omettere le graffe, mentre se ha uno statement bisogna metterci le graffe.

CODICE DEL PROFESSORE

```
1  /* Classe: ThreadPool.java */
2  /* Ha modificato la classe che
3   * stava in work.
4   * ha tolto lo static dalla classe
5   * PooledThread ed ha aggiunto un
6   * q.add(this)*/
7  package threads.work_in_progress;
8
9  import org.jetbrains.annotations.NotNull;
10 import org.jetbrains.annotations.Nullable;
11
12 import java.util.Objects;
13 import java.util.Queue;
14 import java.util.concurrent.ConcurrentLinkedQueue;
15
16 public class ThreadPool {
17     private Queue<PooledThread> q = new ConcurrentLinkedQueue<>();
18
19     public class PooledThread extends Thread {
20         @Nullable
21         private Runnable currentRunnable;
22
23         @Override
24         public void run() {
25             while (true) {
26                 try {
27                     synchronized (this) {
28                         print("waiting...");
29                         wait();
30                         print("awaken");
31                     }
32                     Objects.requireNonNull(currentRunnable).run();
33                     print("requeueing");
34                     q.add(this);
35                 } catch (InterruptedException e) {
36                     e.printStackTrace();
37                 }
38             }
39         }
40
41         @Override
```



```

42     public String toString() {
43         return String.format("[%s:%d]", this.getName(), this.getId());
44     }
45
46 }
47
48 public PooledThread acquire(Runnable cb) {
49     @NotNull final PooledThread p;
50     if (q.isEmpty()) {
51         print("spawning");
52         p = new PooledThread();
53         p.start();
54     } else {
55         p = q.poll();
56     }
57     print("notify");
58     synchronized (p) {
59         p.currentRunnable = cb;
60         p.notify();
61         return p;
62     }
63 }
64
65 public static void main(String[] args) {
66     ThreadPool pool = new ThreadPool();
67     Thread t1 = pool.acquire(() -> {
68         try {
69             Thread.sleep(300);
70         } catch (InterruptedException e) {
71             e.printStackTrace();
72         }
73         print("bye");
74     });
75 }
76
77 private static void print(String s) {
78     System.out.println(String.format("%s: %s", Thread.currentThread(), s));
79 }
80 }

```

22 29-04-2019: PRODUTTORE CONSUMATORE

DESIGN PATTNER: PRODUTTORE CONSUMATORE

La filosofia è questa: qualcuno produce le cose e qualcun altro le utilizza. Ad esempio un thread produce i dati mettendoli in una coda ed un'altro thread li consuma estraendoli.

Rilasciare un'eccezione significa salire di livello nella gerarchia. Invece che raccogliere un'eccezione specifica le raccolgo tutte, ad esempio usando: `catch(Exception e)`.

Le stringhe in java non sono mutabili.

Tutte le strutture che implementano cose bloccanti sono anche thread safe.

Un oggetto non viene preso in carico dal garbage collector quando è dentro una variabile e quando è dentro ad una struttura dati. Questo, se non si presta attenzione, può portare al fenomeno della memory leak (ingrossamento della memoria a dismisura).

CODE BLOCCANTI

Per trattare il tema produttore consumatore andremo ad utilizzare delle code bloccanti. Questo perchè abbiamo due problemi: il primo è che non possiamo aggiungere dati alla coda se essa è piena, il secondo è che non possiamo retribuire dati da una coda se essa è vuota. Le code bloccanti risolvono questi problemi esportando le seguenti api:

- `put()`: inserisce un elemento nella coda aspettando che ci sia uno slot libero.
- `add()`: inserisce un elemento nella coda e ritorna true, se non riesce ad inserirlo (coda piena) ritorna false.
- `take()`: prende un elemento dalla testa della coda aspettando, in maniera bloccante, che la coda non sia vuota.
- `poll(timeout)`: prende un elemento dalla testa della coda aspettando, per un certo timeout.

CODE BLOCCANTI VS NON

Abbiamo già visto un esempio di coda non bloccante: `ConcurrentLinkedQueue`

La differenza tra le due è che una blocca le richieste di inserimento ed accesso ai dati, aspettando che le condizioni necessarie vengano soddisfatte, mentre l'altra ritorna false nel caso non riuscisse a svolgere subito le sue operazioni.

CLASSE RANDOM

La classe `Random` ci aiuta a generare numeri casuali in Java. Essa possiede due costruttori, uno vuoto ed uno che prende come parametro un tipo intero long. Visto che le i generatori di numeri casuali non producono effettivamente numeri veramente casuali impostare un certo seed ci permette di settare lo stato iniziale del generatore di numeri casuali. Dati due generatori `Random` con lo stesso stato iniziale (o quindi lo stesso seed) otterremo in uscita una sequenza di numeri identica.

```
1  /* Sceglie un seed casuale */
2  public Random();
3  /* Imposto io un seed */
4  public Random(long seed);
```

tra i metodi di questa classe troviamo :

```
1  /* Ritorna un numero della sequenza pseudo
2   * casuale che può variare da 0 al massimo
3   * numero rappresentabile da un int */
4  public int nextInt();
5  /* Ritorna un numero della sequenza pseudo
6   * casuale che può variare da 0 ad un massimo
7   * di bound -1 */
8  public int nextInt(int bound);
```

CODICE DEL PROFESSORE

```
1  /* Classe: Main.java */
```

```

2
3 package patterns.consumerproducer;
4
5 import java.util.Random;
6 import java.util.concurrent.BlockingQueue;
7 import java.util.concurrent.LinkedBlockingQueue;
8
9 public class Main {
10     private static BlockingQueue<String> q = new LinkedBlockingQueue<>();
11     private static Random rand = new Random();
12
13     public static class Consumer extends Thread{
14         @Override
15         public void run(){
16             while(true)
17                 try{
18                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
19
20                     String s = q.take();
21                     System.out.println("Consumer: "+s);
22
23                 }catch (InterruptedException e){
24                     e.printStackTrace();
25                 }
26         }
27     }
28
29     public static class Producer extends Thread{
30
31         @Override
32         public void run(){
33
34             /* ad ogni ciclo costruiamo un nuovo generatore
35              * di numeri casuali, ma non viene cambiato il
36              * seme facciamo anche heap pllution (riempiamo
37              * lo heap di oggetti non referenziati) */
38             while(true){
39                 try {
40                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
41                     /* Random rand= new Random(); */
42                     int len= rand.nextInt(10);
43                     /* produce un numero tra 0 e 100 */
44                     String s= "";
45                     /* rappresenta uno zucchero sintattico
46                      * per indicare una stringa statica
47                      * all'interno della classe.
48                      * la stringa vuota è un oggetto
49                      * già esistente. è immutabile */
50                     for(int i=0;i<len;i++) {
51                         /*
52                         s=s+String.format("%d",i); //usa l'operando string
53                         string
54                         s=s+i; //usa l'operando + con string int
55                         s=s+(Integer) i; //usa l'operando con string Integer
56                         s=s+((Integer)i).toString();
57                         */
58                         s = s + String.format("%d", i);
59                         /* ogni volta ne viene creata
60                          * una nuova.
61                          * s=s+i; */
62
63                         /* le variabili ospitano oggetti */
64
65                         /* s computa il contenuto della stringa
66                          * String.format computa una nuova stringa
67                          */
68                     }
69                     System.out.println("Producer: "+s);
70                     q.add(s);
71                 }catch (Exception e){
72                     e.printStackTrace();
73                 }
74             }
75         }
76     }
77
78 }
79 public static void main(String[] args){

```

```
80         new Producer().start();
81         new Consumer().start();
82     }
83 }
```

23 2-05-2019

mancono gli appunti della lezione.

CODICE FATTO IN CLASSE: SINGLETON

Riporto il codice fatto in classe dal professore.

```
1  /* Classe: RandomSingleton.java */
2
3  package patterns.singleton;
4
5  import org.jetbrains.annotations.NotNull;
6  import org.jetbrains.annotations.Nullable;
7
8  import java.util.Random;
9
10 class RandomSingleton {
11     @Nullable
12     private static RandomSingleton instance = null;
13     @NotNull
14     private Random rand;
15
16     /* i costruttori sono PRIVATI, per non
17      * permettere a nessuno di costruire
18      * questa classe senza passare per i
19      * metodi statici getInstance() */
20     private RandomSingleton() {
21         rand = new Random();
22     }
23
24     /* altro costruttore privato con parametro */
25     private RandomSingleton(int seed) {
26         rand = new Random(seed);
27     }
28
29     /* metodo statico che funge da pseudo-costruttore */
30     @NotNull
31     public static RandomSingleton getInstance() {
32         if (instance == null)
33             instance = new RandomSingleton();
34         return instance;
35     }
36
37     /* altro metodo statico per avere l'istanza,
38      * ma questa volta con un parametro */
39     @NotNull
40     public static RandomSingleton getInstance(int seed) {
41         if (instance == null)
42             instance = new RandomSingleton(seed);
43         /* qui costruiamo l'oggetto con il costruttore
44          * che prende il seed come parametro */
45         return instance;
46     }
47
48 }
```

```
1  /* Classe: Main.java */
2  package patterns.singleton;
3
4  public class Main {
5
6      public static void main(String[] args) {
7          RandomSingleton o1 = RandomSingleton.getInstance();
8          RandomSingleton o2 = RandomSingleton.getInstance();
9          System.out.println("are these the same object? " + (o1 == o2 ? "yes" :
10              "no"));
11      }
12 }
```

CODICE FATTO IN CLASSE: CONSUMER-PRODUCER

Riporto il codice fatto in classe dal professore.

Il professore ha rimosso la classe ThreadPool che era stata messa nella cartella WORK. Ora esiste solo il file ThreadPool all'interno del TinySDK.

```
1  /* Classe: Main.java */
2  /* Ha modificato la classe dell'altra
3   * volta, aggiungendo la gestione dello
4   * StringBuilder */
5
6  package patterns.consumer_producer;
7
8  import java.io.PrintStream;
9  import java.util.Random;
10 import java.util.concurrent.BlockingQueue;
11 import java.util.concurrent.LinkedBlockingQueue;
12
13 public class Main {
14
15     private static BlockingQueue<String> q = new LinkedBlockingQueue<>();
16     private static Random rand = new Random();
17
18     public static void print(String s) {
19         Thread t = Thread.currentThread();
20         System.out.println(String.format("[%s:%d] %s", t.getName(), t.getId(),
21                                         s));
22     }
23
24     public static class Consumer extends Thread {
25         @Override
26         public void run() {
27             while (true) {
28                 try {
29                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
30
31                     String s = q.take();
32                     print(s);
33
34                 } catch (InterruptedException e) {
35                     e.printStackTrace();
36                 }
37             }
38         }
39
40     public static class Producer extends Thread {
41         @Override
42         public void run() {
43             while (true) {
44                 try {
45                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
46
47                     int len = rand.nextInt(10);
48                     StringBuilder s = new StringBuilder();
49                     for (int i = 0; i < len; ++i) {
50                         s.append(String.format("%d", i));
51                     }
52                     /* int n = rand.nextInt(26);
53                      * int m = Character.getNumericValue('a') + n;
54                      * char c = Character.toChars(m)[0];
55                      * s = s + c; */
56
57                     print(s.toString());
58                     q.add(s.toString());
59
60                 } catch (Exception e) {
61                     e.printStackTrace();
62                 }
63             }
64         }
65
66     public static void main(String[] args) {
67         new Producer().start();
68         new Consumer().start();
69         print("byebye");
70     }
71 }
72 }
```

mancono gli appunti della lezione.

CODICE FATTO IN CLASSE

Riporto il codice fatto in classe dal professore.

Penso che in questa lezione abbia spiegato come modificare la nostra classe per fare in modo che supporti un multi consumer-multi producer.

```

1  /* Classe: Main.java */
2  package patterns.consumer_producer;
3
4  import java.util.ArrayList;
5  import java.util.List;
6  import java.util.Random;
7
8  public class Main {
9
10     /* private static BlockingQueue<String> q = new LinkedBlockingQueue<>();
11     */
12     private static List<String> q = new ArrayList<>();
13     private static Random rand = new Random();
14
15     public static void print(String s) {
16         Thread t = Thread.currentThread();
17         System.out.println(String.format("[%s:%d] %s", t.getName(), t.getId(),
18             s));
19     }
20
21     public static class Consumer extends Thread {
22         @Override
23         public void run() {
24             while (true) {
25                 try {
26                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
27                 } catch (InterruptedException e) {
28                     e.printStackTrace();
29                 }
30
31                 String s;
32                 int size;
33                 synchronized (q) {
34                     if (q.isEmpty()) {
35                         try {
36                             q.wait();
37                         } catch (InterruptedException e) {
38                             e.printStackTrace();
39                         }
40                     }
41                     s = q.remove(0);
42                     size = q.size();
43                 }
44                 print(String.format("%s (size = %d)", s, size));
45             }
46         }
47
48     public static class Producer extends Thread {
49         @Override
50         public void run() {
51             while (true) {
52                 try {
53                     Thread.sleep(rand.nextInt(500));
54                 }
55
56                 int len = rand.nextInt(10);
57                 StringBuilder s = new StringBuilder();
58                 for (int i = 0; i < len; ++i) {
59                     /* s.append(String.format("%d", i)); */
60                     int n = rand.nextInt(26);
61                     int m = Character.getNumericValue('a') + n + 87;
62                     char c = Character.toChars(m)[0];
63                     s.append(c);
64                 }
65                 print(s.toString());

```

```

66         synchronized (q) {
67             q.add(s.toString());
68             q.notify();
69         }
70     } catch (Exception e) {
71         e.printStackTrace();
72     }
73 }
74 }
75 }
76 }
77
78 public static void main(String[] args) {
79     for (int i = 0; i < 10; ++i) {
80         Producer p = new Producer();
81         p.setName(String.format("producer-%d", i));
82         p.start();
83
84         Consumer c = new Consumer();
85         c.setName(String.format("consumer-%d", i));
86         c.start();
87     }
88
89     print("byebye");
90 }
91
92
93 }

```


25 9-05-2019

mancono gli appunti della lezione.

CODICE FATTO IN CLASSE

Ha modificato ulteriormente la classe dell'altra volta aggiungendo del codice in testa. Riporto solo il codice nuovo.

```
1 package patterns.consumer_producer;
2
3 import java.util.ArrayList;
4 import java.util.Comparator;
5 import java.util.List;
6 import java.util.Random;
7 import java.util.function.BiFunction;
8 import java.util.function.Function;
9
10 public class Main {
11
12     int f(int x) {
13         return this.f("ciao");
14     }
15
16     int f(String x) {
17         return this.f(1);
18     }
19
20     static <T> void quicksort3(List<? extends Comparable<T>> l) {
21
22     static <T extends Comparable<T>> void quicksort3(List<T> l) {
23         T a = l.get(0), b = l.get(1);
24         if (a.compareTo(b) < 0)
25
26     }
27
28     static void quicksort3(List<? extends Comparable<?>> l) {
29         Object a = l.get(0), b = l.get(1);
30         if (a. < 0)
31
32     }
33
34     static void quicksort(List<Comparable<Comparable<C>>> l) {
35
36
37     static <T> void quicksort(List<T> l, Comparator<T> f) {
38         T a = l.get(0), b = l.get(1);
39         if (f.compare(a, b) < 0)
40             /* algo */
41     }
42
43     static <T> void quicksort2(List<T> l, BiFunction<T, T, Integer> f) {
44         quicksort(l, new Comparator<T>() {
45             @Override
46             public int compare(T o1, T o2) {
47                 return f.apply(o1, o2);
48             }
49         });
50
51     }
52
53     static <T> void quicksort(List<T> l, BiFunction<T, T, Boolean> f) {
54         quicksort(l, new Comparator<T>() {
55             @Override
56             public int compare(T o1, T o2) {
57                 return f.apply(o1, o2) ? -1 : 1;
58             }
59         });
60     }
61
62     /* private static BlockingQueue<String> q = new LinkedBlockingQueue<>();
63     */
64     private static List<String> q = new ArrayList<>();.....
65     .....
```



26 13-05-2019

PLACE HOLDER