



COLLEZIONI IN JAVA: IL JAVA COLLECTION FRAMEWORK (JCF)

1



Perché le collezioni

- ✎ Spesso in un programma dobbiamo rappresentare e manipolare gruppi di valori/oggetti di uno stesso tipo
 - insieme di studenti di una classe
 - lista degli ultimi SMS arrivati sul cellulare
 - classifica del campionato di calcio: lista di squadre ordinata per punteggio
 - coda dei pazienti in attesa di un'operazione,
- ✎ Chiamiamo **collezione** un gruppo di oggetti *omogenei* (cioè dello stesso tipo)

2

Array come collezioni



- ✎ Java (come altri linguaggi) fornisce gli array come tipo di dati primitivo “parametrico” (non generico!!!) per rappresentare collezioni di oggetti
- ✎ **Array**: collezione modificabile, lineare, di dimensione non modificabile
- ✎ Ma sono utili anche altri tipi di collezioni:
 - Modificabili / non modificabili
 - Con ripetizioni / senza ripetizioni (es: insiemi)
 - Struttura lineare / ad albero
 - Elementi ordinati / non ordinati

3

In nostro interesse



- ✎ Non e' solo un interesse pratico (e' utile sapere cosa fornisce Java)
- ✎ Ma anche un esempio significativo dell'applicazione dei principi di *data abstraction* che abbiamo visto.
- ✎ Un po' di contesto
 - JCF (Java Collection Framework)
 - C++ Standard Template Library (STL)
 - Smalltalk collections

4

Ma non bastavano ..



- ✦ Vector= Collezione di elementi omogeni modificabile e estendibile?
- ✦ In principio si ... ma dato che Vector sono contenitori di object
 - Errori di tipo a run-time dovuti al casting ClassCastException.
- ✦ Molto meglio avere strutture dati con controlli statici e non dinamici.

5

Il Java Collections Framework – JCF (nel package `java.util`)



- ✦ Il JCF definisce una gerarchia di interfacce e classi che realizzano una ricca varietà di collezioni
- ✦ Sfrutta i meccanismi di astrazione
 - per specifica (es: vedi la documentazione delle interfacce)
 - per parametrizzazione (uso di tipi generici)per realizzare le varie tipologie di astrazione viste:
 - Astrazione procedurale (definizione di nuove operazioni)
 - Astrazione dai dati (definizione di nuovi tipi – TDA)
 - **Iterazione astratta** <= **lo vedremo in dettaglio**
 - Gerarchie di tipo (con `implements` e `extends`)
- ✦ Contiene anche realizzazioni di algoritmi efficienti di utilità generale (es: ricerca, ordinamento)

6

La radice: l'interfaccia **Collection<E>**



- ✎ Definisce operazioni basiche su collezioni, senza assunzioni su struttura/modificabilità/duplicati...
- ✎ Modifiers **opzionali**: `add(E e)`, `remove(Object o)`, `addAll(Collection<? extends E>)`, `clear()`
- ✎ Per definire una classe di collezioni *non modificabili*:

```
public boolean add(E e){  
    throw new UnsupportedOperationException();  
}
```

- ✎ Observers: `contains(o)`, `equals(o)`, `isEmpty()`, `size()`, `toArray()`
- ✎ Accesso a elementi: `iterator()` (dopo...)

7

JCF: altre interfacce importanti

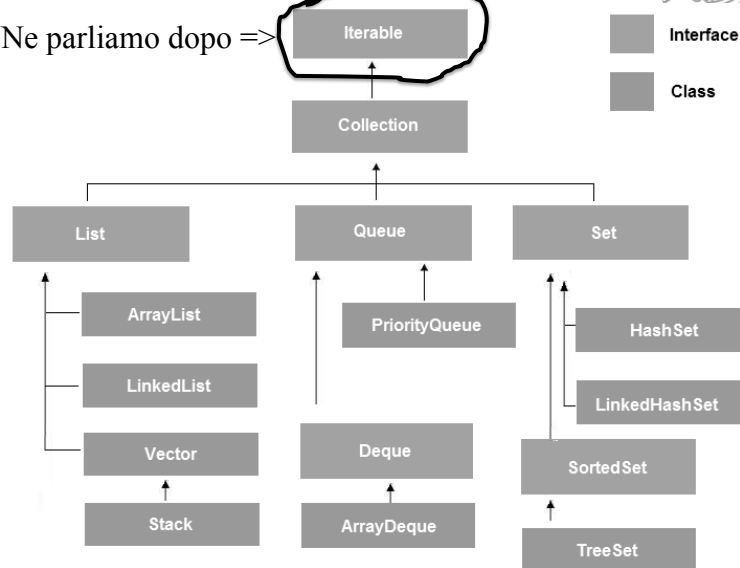


- ✎ **Set<E>**: collezione senza duplicati. Stessi metodi di `Collection<E>`, ma la specifica cambia. Es:
 - `add(E el)` restituisce false se `el` è già presente
- ✎ **List<E>**: sequenza lineare di elementi. Aggiunge metodi per operare in una specifica posizione, es:
`add(int index, E el)`, `indexOf(o)`, `remove(int index)`, `get(index)`, `set(index, el)`...
- ✎ **Queue<E>**: supporta politica FIFO
 - **Deque<E>**: "double ended queue", "deck". Fornisce operazioni per accesso ai due estremi
- ✎ **Map<K, T>**: definisce associazione chiavi (K) – valori (T). Realizzata da classi che implementano vari tipi di tabelle hash (es: `HashMap`)

8

JCF: parte della gerarchia

Ne parliamo dopo =>



JCF: alcune classi concrete

- 👉 **ArrayList<E>, Vector<E>**: implementazione di List<E> basata su array. Sostituisce array di supporto con uno più grande quando pieno.
- 👉 **LinkedList<E>**: implementazione di List<E> basato su doubly-linked list. Usa un record type Node<E> {Node<E> prev, E item, Node<E> next}
- 👉 **TreeSet<E>**: implementa Set<E> con ordine crescente degli elementi (definito da compareTo<E>)
- 👉 **HashSet<E>, LinkedHashSet<E>**: implementano Set<E> usando tabelle hash

10

Proprietà di classi concrete



| | ArrayList | Vector | LinkedList | HashMap | LinkedHashMap | HashTable | TreeMap | HashSet | LinkedHashSet | TreeSet |
|------------------------------------|-----------|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------------|---------|---------------|---------|
| Allows Null? | Yes | Yes | Yes | Yes (But One Key & Multiple Values) | Yes (But One Key & Multiple Values) | No | Yes (But Zero Key & Multiple Values) | Yes | Yes | No |
| Allows Duplicates? | Yes | Yes | Yes | No | No | No | No | No | No | No |
| Retrieves Sorted Results? | No | No | No | No | No | No | Yes | No | No | Yes |
| Retrieves Same as Insertion Order? | Yes | Yes | Yes | No | Yes | No | No | No | Yes | No |
| Synchronized? | No | Yes | No | No | No | Yes | No | No | No | No |

11

JCF: Classi di utilità generale



🦋 **java.util.Arrays**: Fornisce metodi statici per manipolazione di array, es:

- Ricerca binaria e ordinamento: `binarySearch` e `sort`
- Operazioni basiche: `copyOf`, `equals`, `toString`
- Conversione in lista [inverso di `toArray()`]:
`static <T> List<T> asList(T[] a)`
- NB: per fare copie di array, usare **`System.arraycopy(...)`**

🦋 **java.util.Collections**: fornisce metodi statici per operare su collezioni, compreso ricerca, ordinamento, massimo, wrapper per sincronizzazione e per immutabilità, ecc.

12

Iterazione su collezioni: motivazioni



- Tipiche operazioni su di una collezione richiedono di *esaminare tutti gli elementi, uno alla volta*.
- Esempi: stampa, somma, ricerca di un elemento, minimo, massimo, ...
- Per un array o una lista si può usare un **for**:

```
for (int i = 0; i < arr.length; i++)
    System.out.println(arr[i]);
for (int i = 0; i < list.size(); i++)
    System.out.println(list.get(i));
```

- Infatti, per array e vettori sappiamo:
 - la dimensione: quanti elementi contengono (**length** o **size()**)
 - come accedere in modo diretto ad ogni elemento con un indice intero

13

Gli iteratori



- Un iteratore è un'astrazione che permette di estrarre "uno alla volta" gli elementi di una collezione, senza esporre la rappresentazione della collezione
- Generalizza la scansione lineare di un array/lista a collezioni generiche
- Sono oggetti di classi che implementano l'interfaccia

```
public interface Iterator<E>{
    boolean hasNext();
    E next();
    void remove();}
```

- Tipico uso di un iteratore (*iterazione astratta*)

```
// creo un iteratore sulla collezione
Iterator<Integer> it = myIntCollection.iterator();
while (it.hasNext()){ // finché ci sono elementi
    int x = it.next(); // prendo il prossimo
// usa x }
```

14

Specifica dei metodi di Iterator



```
public interface Iterator<E>{
    boolean hasNext();
    /* Returns: true if the iteration has more elements. (In other words,
    returns true if next would return an element rather than throwing an
    exception.) */
    E next();
    /* Returns: the next element in the iteration.
    Throws: NoSuchElementException - iteration has no more elements. */
    void remove();
    /* Removes from the underlying collection the last element returned by
    the iterator (optional operation).
    This method can be called only once per call to next.
    The behavior of an iterator is unspecified if the underlying collection is
    modified while the iteration is in progress in any way other than by
    calling this method. */
}
```

15

Interpretazione grafica - 1

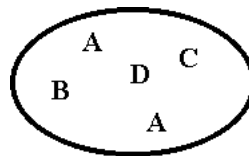


- Creiamo una collezione e inseriamo degli elementi (non facciamo assunzioni su ordine e ripetizioni dei suoi elementi)

```
Collection<Item> coll = new ...;
```

```
coll.add(...);
```

```
...
```

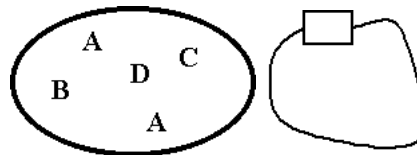


16

Interpretazione grafica - 2



- ✎ Creiamo un iteratore sulla collezione **coll**
Iterator<Item> it = coll.iterator()...
- ✎ Lo rappresentiamo come un “sacchetto” con una “finestra”
 - la finestra contiene l’ultimo elemento visitato
 - Il sacchetto quelli già visitati

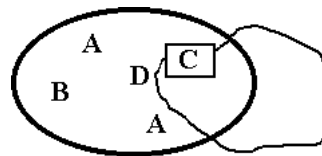


17

Interpretazione grafica - 3



- ✎ Invoco **it.next()**: restituisce, per esempio, l’elemento **C**
- ✎ Graficamente, la finestra si sposta su **C**

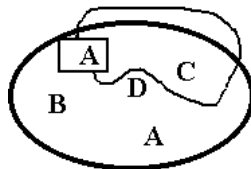


18

Interpretazione grafica - 4



- Invoco nuovamente **it.next()**: ora restituisce l'elemento **A**
- Graficamente, la finestra si sposta su **A**, mentre l'elemento **C** viene messo nel sacchetto per non essere più considerato

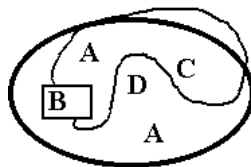


19

Interpretazione grafica - 5



- **it.next()** restituisce **B**;
- **it.hasNext()** restituisce **true** perché c'è almeno un elemento "fuori dal sacchetto"

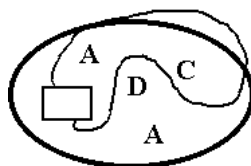


20

Interpretazione grafica - 6



- **it.remove()** cancella dalla collezione l'elemento nella finestra, cioè **B** (l'ultimo visitato)
- Un invocazione di **it.remove()** quando la finestra è vuota lancia una **IllegalStateException**

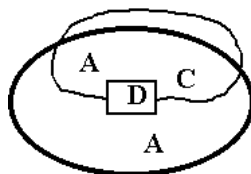


21

Interpretazione grafica - 7



- **it.next()** restituisce **D**

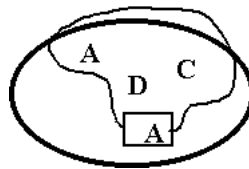


22

Interpretazione grafica - 8



- ✎ **it.next()** restituisce **A**;
- ✎ Ora **it.hasNext()** restituisce **false** perché non ci sono altri elementi da visitare
- ✎ Se eseguo ancora **it.next()** viene lanciata una **NoSuchElementException**



23

Riassumendo: uso di iteratore



- ✎ Con successive chiamate di **next()** si visitano tutti gli elementi della collezione esattamente una volta
- ✎ **next()** lancia una **NoSuchElementException** esattamente quando **hasNext()** restituisce **false**
- ✎ L'ordine in cui vengono restituiti gli elementi dipende dall'implementazione dell'iteratore
 - una collezione può avere più iteratori, che usano ordini diversi
 - per le collezioni lineari (come **List**) l'iteratore default rispetta l'ordine
- ✎ Si possono attivare più iteratori contemporaneamente su una collezione
- ✎ Se invoco la **remove()** senza aver chiamato prima **next()** si lancia una **IllegalStateException()**
- ✎ Se la collezione viene modificata durante l'iterazione di solito viene invocata una **ConcurrentModificationException**.

24

Iterazione, atrendo dalla collezione



- Java fornisce meccanismi per realizzare, tramite gli iteratori, algoritmi applicabili a qualunque tipo di collezione
- Creazione di iteratore default su collezione con il metodo **Iterator<E> iterator()**
- Definito nell'interfaccia **Iterable<E>** che è estesa da **Collection<E>**
- Esempio: stampa degli elementi di una qualsiasi collezione:

```
public static <E> void print(Collection<E> coll){
    Iterator<E> it = coll.iterator();
    while (it.hasNext()){ // finché ci sono elementi
        System.out.println(it.next());}
}
```

25

Il comando **for-each** (*enhanced for*)



- Da Java 5.0: consente l'iterazione su tutti gli elementi di un **array** o di una **collezione** (o di un oggetto che implementa **Iterable<E>**)

```
Iterable<E> coll = ...;
for (E elem : coll) System.out.println(elem);
// equivalente a
Iterable<E> coll = ...;
Iterator<E> it = coll.iterator();
while (it.hasNext()) System.out.println(it.next());

E [] arr = ... ;
for (E elem : coll) System.out.println(elem);
// equivalente a
E [] arr = ... ;
for (int i = 0; i < arr.size(); i++)
    System.out.println(arr[i]);
```

26

Modifiche concorrenti



- ✎ Contratto con iteratore: la collezione può essere modificata solo attraverso l'iteratore (con **remove**)
- ✎ Se la collezione viene modificata durante l'iterazione, di solito viene lanciata una **ConcurrentModificationException**.
- ✎ Esempio:

```
List<Integer> lst = new Vector<Integer>();
lst.add(1); // collezione con un solo elemento
Iterator<Integer> it = lst.iterator();
System.out.println(it.next()); // stampa 1
lst.add(4); // modifica esterna all'iteratore!!!
it.next(); // lancia ConcurrentModificationException
```

27

Iteratori e ordine superiore



- ✎ L'uso degli iteratori permette di separare la generazione degli elementi di una collezione (es: intestazione di **for-each**) dalle operazioni che si fanno su di essi (corpo di **for-each**)
- ✎ Questo si realizza facilmente con normale astrazione procedurale in linguaggi (funzionali) in cui le procedure sono "cittadini di prima classe", cioè valori come tutti gli altri
 - possono essere passate come parametri ad altre procedure
 - il generatore è una procedura che ha come parametro la procedura che codifica l'azione da eseguire sugli elementi della collezione
 - il generatore (parametrico) è una operazione del tipo astratto
 - ✓ esempio: **map** di OCaml

28

Specifica e implementazione di iteratori



- ✎ Abbiamo visto come **si usa** un iteratore associato ad una collezione
- ✎ Vediamo come si **specificano** e come si **implementano**
- ✎ Consideriamo le classi **IntSet** e **Poly** del libro di Liskov, ma aggiornando rispetto a Java 5.0
- ✎ Vediamo anche come si può definire un iteratore “stand alone”, che genera elementi senza essere associato ad una collezione
- ✎ Useremo **generatore** per iteratore non associato a una collezione
- ✎ L’implementazione farà uso di **classi interne**

29

Specifica di un iteratore per IntSet



```
public class IntSet implements Iterable<Integer> {  
    // come prima più  
    public Iterator<Integer> iterator();  
    // EFFECTS: ritorna un iteratore che produrrà tutti  
    // gli elementi di this (come Integers) ciascuno una  
    // sola volta, in ordine arbitrario  
    // REQUIRES: this non deve essere modificato  
    // finché il generatore è in uso  
}
```

- ✎ la clausola **REQUIRES** impone condizioni sul codice che utilizza il generatore
 - tipica degli iteratori su tipi di dati modificabili
- ✎ Indicando che implementa **Iterable<E>** si può usare il **for-each**

30

Specifica di un iteratore per Poly



```
public class Poly implements Iterable<Integer> {  
    // come prima più  
    public Iterator<Integer> iterator()  
        // EFFECTS: ritorna un iteratore che produrrà gli  
        // esponenti dei termini diversi da 0 in this (come  
        // Integers) fino al grado del polinomio, in ordine  
        // crescente  
    }  
}
```

- ✎ Nota: un tipo di dato può avere anche più iteratori
- ✎ L'iteratore restituito dal metodo **iterator()** è l'iteratore "default"

31

Specifica di un generatore stand alone



```
public class Primes implements Iterator<Integer> {  
    public Iterator<Integer> iterator()  
        // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti  
        // i numeri primi (come Integers) ciascuno una  
        // sola volta, in ordine crescente }  
}
```

- ✎ In questo caso il limite al numero di iterazioni deve essere imposto dall'esterno
 - il generatore può produrre infiniti elementi

32

Uso di iteratori: derivata di un Poly



```
public Iterator<Integer> iterator()
// EFFECTS: ritorna un iteratore che produrrà gli
// esponenti dei termini diversi da 0 in this (come
// Integers) fino al grado del polinomio, in ordine
// crescente
public class Comp {
public static Poly diff (Poly p) throws NullPointerException
// EFFECTS: se p è null solleva NullPointerException
// altrimenti ritorna il poly ottenuto differenziando p
{Poly q = new Poly();
Iterator<Integer> g = p.iterator();
while (g.hasNext()) {
int exp = g.next();
if (exp == 0) continue; // ignora il termine costante
q = q.add (new Poly(exp*p.coeff(exp), exp-1));}
return q;}

```

🐘 implementazione di `diff` esterna alla classe `Poly`

33

Uso di iteratori: stampa di numeri primi



```
public class Primes implements Iterator<Integer> {
public Iterator<Integer> iterator()
// EFFECTS: ritorna un iteratore che produrrà tutti
// i numeri primi (come Integers) ciascuno una
// sola volta, in ordine crescente
}
public static void printPrimes (int m) {
// MODIFIES: System.out
// EFFECTS: stampa tutti i numeri primi minori o uguali a m
// su System.out
for (Integer p : new Primes()){
if (p > m) return; // forza la terminazione
System.out.println("The next prime is: " + p);
}
}
}

```

34

Uso di iteratori: massimo



- Gli iteratori (essendo oggetti) possono essere passati come argomento a metodi che così astraggono da dove provengono gli argomenti su cui lavorano. `max` funziona per qualunque iteratore di interi.

```
public static int max (Iterator<Integer> g)
    throws EmptyException, NullPointerException {
    // EFFECTS: se g è null solleva NullPointerException; se g è
    // vuoto solleva EmptyException, altrimenti visita tutti gli
    // elementi di g e restituisce il massimo intero in g
    try {int m = g.next();
        while (g.hasNext()){
            int x = g.next();
            if (m < x) m = x; } return m;}
    catch (NoSuchElementException e){
        throw new EmptyException("max"); }
}
```

35

Implementazione degli iteratori



- Gli iteratori/generatori sono oggetti che hanno come tipo un sottotipo di `Iterator`
 - istanze di una classe γ che "implementa" l'interfaccia `Iterator`
- un metodo α (stand alone o associato ad un tipo astratto) ritorna l'iteratore istanza di γ . Tipicamente α è **`iterator()`**
 - γ deve essere contenuta nello stesso modulo che contiene α
 - ✓ dall'esterno del modulo si deve poter vedere solo il metodo α (con la sua specifica)
 - ✓ non la classe γ che definisce l'iteratore
- La classe γ deve avere una visibilità limitata al package che contiene α
 - oppure può essere contenuta nella classe che contiene α
 - ✓ come classe interna privata
- dall'esterno gli iteratori sono visti come oggetti di tipo `Iterator`: il sottotipo γ non è visibile

36

Classi interne / annidate



- ✎ Una classe γ dichiarata come membro all'interno di una classe α può essere
 - static (di proprietà della classe α)
 - di istanza (di proprietà degli oggetti istanze di α)
- ✎ se γ è static, come sempre non può accedere direttamente alle variabili di istanza e ai metodi di istanza di α
 - le classi che definiscono i generatori sono definite quasi sempre come classi interne, statiche o di istanza

37

Classi interne: semantica



- ✎ La presenza di classi interne richiede la presenza di un ambiente di classi
 - all'interno delle descrizioni di classi
 - all'interno degli oggetti (per classi interne non static)
 - vanno modificate di conseguenza anche tutte le regole che accedono i nomi

38

Implementazione di iteratori: Poly



```
public class Poly {
    private int[] termini;
    private int deg;
    public Iterator<Integer> terms () {return new PolyGen(); }
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà gli
    // esponenti dei termini diversi da 0 in this (come
    // Integers) fino al grado del polinomio, in ordine crescente
    private class PolyGen implements Iterator<Integer> {
        // inner class (classe interna) di istanza (vede termini)
        private int n; // il prossimo termine da considerare
        PolyGen () {
            // REQUIRES: it != null
            if (termini[0] == 0) n = 1; else n = 0; }
        public boolean hasNext () {return n <= deg; }
        public Integer next () throws NoSuchElementException {
            for (int e = n; e <= deg; e++)
                if (termini[e] != 0) {n = e + 1; return e; }
            throw new NoSuchElementException("Poly.terms"); }
        public void remove(){throw new UnsupportedOperationException(); }
    }}

```

39

Implementazione di iteratori: Primes



```
public class Primes implements Iterable<Integer>{
    public Iterator<Integer> iterator (){
        return new PrimeGen(); }
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti
    // i numeri primi (come Integers) ciascuno una
    // sola volta, in ordine crescente
    private static class PrimeGen implements Iterator<Integer> {
        // class interna statica
        private List<Integer> ps; // primi già dati
        private int p; // prossimo candidato alla generazione
        PrimeGen () { // costruttore
            p = 2;
            ps = new ArrayList<Integer>(); }
        public boolean hasNext () { return true; }
        public Integer next () {
            if (p == 2) { p = 3; ps.add(2); return 2; }
            //new Integer(2);
            for (int n = p; true; n = n + 2)
                for (int i = 0; i < ps.size(); i++){
                    int el = ps.get(i);
                    if (n%el == 0) break; // non è primo
                    if (el*el > n)
                        {ps.add(n); p = n+2;
                         return n;} } }
        public void remove(){throw new UnsupportedOperationException(); } } }

```

40

Classi interne e iteratori



- ✦ Le classi i cui oggetti sono iteratori definiscono comunque dei tipi astratti
 - sottotipi di `Iterator`
- ✦ In quanto tali devono essere dotati di
 - un invariante di rappresentazione
 - una funzione di astrazione
 - ✓ dobbiamo sapere cosa sono gli stati astratti
 - ✓ per tutti gli iteratori, lo stato astratto è
 - la sequenza di elementi che devono ancora essere generati
 - ✓ la funzione di astrazione mappa la rappresentazione su tale sequenza

41

Iteratore di Poly: Funzione di astrazione



```
public class Poly implements Iterable<Integer>{
    private int[] termini;
    private int deg;
    public Iterator<Integer> iterator () {
        return new PolyGen(this); }
    private class PolyGen implements Iterator<Integer> {
        // inner class (classe annidata)
        private int n; // il prossimo termine da considerare

        // la funzione di astrazione
        // a(c) = [ x1, x2, ...] tale che
        // ogni xi è un Integer, e
        // gli xi sono tutti e soli gli indici i >= n
        // per cui c.termini[i] != 0, e
        // xi > xj per tutti gli i > j >= 1
    }
}
```

- ✦ notare che si usano le rep sia di `Poly` che di `PolyGen`

42

Iteratore di Poly: invariante di rappresentazione



```
public class Poly implements Iterable<Integer>{
    private int[ ] termini;
    private int deg;
    public Iterator<Integer> iterator () {
        return new PolyGen(this); }
    private class PolyGen implements Iterator<Integer> {
        // inner class (classe annidata)
        private int n; // il prossimo termine da considerare

        // l'invariante di rappresentazione:
        // l(c) = (0 <= c.n <= c.deg)
```

➤ Notare che si usano le rep sia di Poly che di Polygen

43

Generatore di numeri primi: Funzione di astrazione



```
public class Primes implements Iterable<Integer>{
    public Iterator<Integer> iterator (){
        return new PrimeGen();
    }
    private static class PrimeGen implements Iterator<Integer>
    {
        // class interna statica
        private List<Integer> ps; // primi già dati
        private int p; // prossimo candidato alla generazione

        // la funzione di astrazione
        //  $\alpha(c) = [p_1, p_2, \dots]$  tale che
        // ogni  $p_i$  è un Integer, è primo, ed è  $< c.p$  e
        // tutti i numeri primi  $< c.p$  occorrono nella
        // sequenza, e
        //  $p_i > p_j$  per tutti gli  $i > j > 1$ 
```

44

Generatore di numeri primi: Invariante di rappresentazione



```
public class Primes implements Iterable<Integer>{
    public Iterator<Integer> iterator (){
        return new PrimeGen();
    }
    private static class PrimeGen implements Iterator<Integer>
    {
        // class interna statica
        private List<Integer> ps; // primi già dati
        private int p; // prossimo candidato alla generazione

        // l'invariante di rappresentazione:
        // l(c) = c.ps != null e
        // tutti gli elementi di c.ps sono primi e
        //      ordinati in modo crescente, e
        // contengono tutti i primi < c.p e >= 2
    }
}
```

45

Conclusioni sugli iteratori



- ✦ In molti tipi di dato astratti (collezioni) gli iteratori sono un componente essenziale
 - supportano l'astrazione via specifica
 - portano a programmi efficienti in tempo e spazio
 - sono facili da usare
 - non distruggono la collezione
 - ce ne possono essere più d'uno
- ✦ Se il tipo di dati astratto è modificabile ci dovrebbe sempre essere il vincolo sulla non modificabilità della collezione durante l'uso dell'iteratore
 - altrimenti è molto difficile specificarne il comportamento previsto
 - in alcuni casi può essere utile combinare generazioni e modifiche

46

Generare e modificare



- Programma che esegue tasks in attesa su una coda di tasks

```
Iterator<Task> g = q.allTasks();
while (g.hasNext()) {
    Task t = g.next();
    // esecuzione di t
    // se t genera un nuovo task nt, viene messo
    // in coda facendo q.enq(nt)
}
```

- casi come questo sono molto rari
- L'interfaccia **ListIterator<E>** definisce iteratori più ricchi, perché assumono di lavorare su una collezione lineare, doubly linked
 - Permettono di spostarsi in avanti e indietro (**next()** e **previous()**)
 - Permettono di modificare la lista con **add(E e)**, **set(E e)** oltre che con **remove()**

47

Sulla modificabilità



- Due livelli: modifica di collezione e modifica di oggetti
- Le collezioni del **JCF** sono modificabili
- Si possono trasformare in non modificabili con il metodo

```
public static <T> Collection<T>
unmodifiableCollection(Collection<? extends T> c)
```
- Anche se la collezione non è modificabile, se il tipo base della collezione è modificabile, si può modificare l'oggetto restituito dall'iteratore. Questo non modifica la struttura della collezione, ma il suo contenuto.
- Infatti gli iteratori del **JCF** restituiscono gli elementi della collezione, non una copia

48

Esercizio: iteratore per array



- ✦ Gli array possono essere visitati con il **for-each**, ma non hanno un iteratore default
- ✦ Realizzare la classe `ArrayIterator` che rappresenta un iteratore associato ad un vettore di interi.
- ✦ In particolare:
 - la classe `ArrayIterator` implementa l'interfaccia `Iterator<Integer>`
 - il costruttore della classe ha come unico parametro l'array `Integer[]` a che contiene gli elementi su cui iterare
 - implementa tutti i metodi di `Iterator<Integer>` ed in particolare `public boolean hasNext()` e `public Integer next()`
- ✦ Suggerimento: Per mantenere traccia dell'attuale elemento dell'iteratore utilizzare un campo intero che rappresenta l'indice del vettore
- ✦ Discutere un'eventuale realizzazione della `remove()`
- ✦ Rendere generica la classe, in modo da realizzare un iteratore su un generico array di tipo base `T`

49

Esercizio: iteratore inverso per Vector



- ✦ L'iteratore standard della classe `Vector<T>` scandisce gli elementi dalla posizione `0` fino alla posizione `size()-1`.
- ✦ Scrivere la classe `RevVector<T>` che estende `Vector<T>` e ridefinisce il solo metodo `iterator()`, restituendo un oggetto della nuova classe `RevVectIterator<T>`.
- ✦ Definire la classe `RevVectIterator<T>` che implementa `Iterator<T>`, e realizza un iteratore che scandisce gli elementi di un vettore in ordine inverso a quello standard. Discutere diverse opzioni: (1) classe top-level, classe interna (2) statica / (3) non statica, in particolare rispetto alla visibilità e ai parametri da passare al costruttore.
- ✦ Scrivere la classe `PrintCollection` che contiene il metodo statico `public static <T> printCollection(Collection<T> coll);`
- ✦ che stampa tutti gli elementi della collezione `coll` usando un iteratore. Nel `main` costruire un oggetto di `Vector` ed uno di `RevVector`, riempiendoli con gli stessi elementi, e invocare `printCollection` su entrambi, per verificare l'ordine in cui vengono stampati gli elementi.

50