Programmazione III

Generici e collezioni

Liliana Ardissono

Tipi generici: motivazioni - I

La specifica di tipi precisi nei metodi può portare a moltiplicare il codice (overloading di metodi quasi uguali) per trattare tutti i casi. Es:

```
public class SenzaGenerici {
   public static void printArray(Integer[] ar) {
      for (Integer element : ar) {
         System.out.print(element + ", "); }
      System.out.println();
   }
   public static void printArray(Double[] ar) {
      for (Double element : ar) {
         System.out.print(element + ", "); }
      System.out.println();
   }
   public static void main(String[] args) {
      Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};
      Double[] elenco2 = {1.1, 2.2, 3.3, 4.4};
      printArray(elenco1);
      printArray(elenco2);
   }
}
```

Per ogni tipo di dato devo definire un nuovo metodo printArray() – ridondante

Tipi generici: motivazioni - II

I tipi generici sono stati introdotti per permettere di scrivere codice generico, applicabile a più tipi di dati (*reuse* di codice):

```
public static <E> void printArray(E[] ar) {
        for (E element : ar) {
            System.out.print(element + ", ");
        }
        System.out.println();
    }
    public static void main(String[] args) {
        Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};
        Double[] elenco2 = {1.1, 2.2, 3.3, 4.4};
        String[] elenco3 = {"aa", "bb", "cc"};

        printArray(elenco1);
        printArray(elenco2);
        printArray(elenco3);
    }
}
```

Il tipo E fa match con qualunque tipo non primitivo → basta un metodo per trattare ogni tipo di oggetto

Tipi generici: motivazioni - III

Potrei usare Object come tipo dei metodi ma dovrei fare esplicitamente il cast al tipo di oggetto atteso nell'invocazione del metodo:

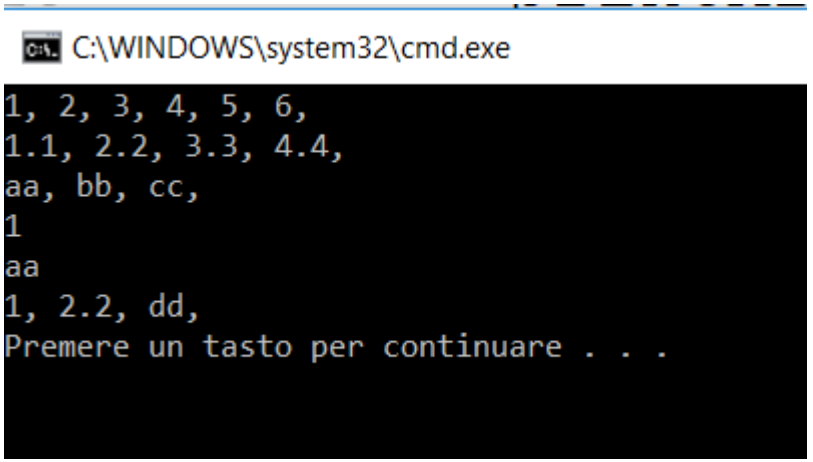
```
public class SenzaGenericiObject {

   public static void printArray(Object[] ar) {
      for (Object element : ar) {
         System.out.print(element + ", "); }
      System.out.println();
   }
   public static Object getElement(Object[] ar, int index) {
      Object ris = ar[index];
      return ris; }

   public static void main(String[] args) {
      Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};
      Integer intero = (Integer)getElement(elenco1, 0);
   }
}
```

Senza cast non compila in quanto non è possibile assegnare un Object a una variabile Integer

Tipi generici con Object – NB:

```
public static void main(String[] args) {
    Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};
    Double[] elenco2 = {1.1, 2.2, 3.3, 4.4};
    String[] elenco3 = {"aa", "bb", "cc"};

    printArray(elenco1);
    printArray(elenco2);
    printArray(elenco3);

    Integer intero = (Integer)getElement(elenco1, 0);
    // intero = getElement(elenco1, 0);
    System.out.println(intero);
    System.out.println(getElement(elenco3, 0));

    Object[] elencoMisto = {1, 2.2, "dd"};
    printArray(elencoMisto);

}
```

Posso inserire elementi misti... In fase di get() devo verificarne il tipo!



Tipi generici: motivazioni - IV

Con i generici il compilatore inferisce il tipo degli oggetti in fase di type checking statico, verifica compatibilità tra tipo attuale e tipo generico, e sostituisce il tipo attuale a quello generico E, inserendo i cast dovuti (questa operazione si chiama **erasure**):

```
public class ConMetodiGenerici {

   public static <E> void printArray(E[] ar) {
      for (E element : ar) {
         System.out.print(element + ", "); }
      System.out.println(); }

   public static <E> E getElement(E[] ar, int index) {
      E ris = ar[index];
      return ris; }

   public static void main(String[] args) {
      Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};
      Integer intero = getElement(elenco1, 0);
      System.out.println(intero);
      System.out.println(getElement(elenco3, 0)); }
}
```

Il compilatore sa che verrà restituito un Integer e inserisce il cast automaticamente nel bytecode → non devo scriverlo io

Tipi generici (o parametrici)

JDK 5.0 introduce i *generici*: classi e metodi che hanno un *parametro di tipo*.

Nelle versioni precedenti si può solo definire:

```
ArrayList miaLista = new ArrayList();
miaLista.add(new Employee(…));
Employee e = (Employee)miaLista.get(0);
```

Gli oggetti **`ArrayList`** possono contenere oggetti di qualunque tipo, e quindi quando si estrae un oggetto dalla lista è necessario fare il cast ma di fronte a errori di programmazione non si può essere certi del tipo dell'oggetto che si estrae (se il programmatore inserisce oggetti di tipo diverso)!

Da JDK 5.0 si può scrivere:

```
ArrayList<Employee> miaLista =
                              new ArrayList<Employee>();
miaLista.add(new Employee(...));
Employee e = miaLista.get(0);
```

ArrayList<Employee> è un **tipo parametrico**, in cui è stato specificato il tipo argomento da applicare alla classe generica.

La **miaLista** può contenere solo oggetti **Employee (controllo a tempo di compilazione)** → verifica statica delle add() – si accettano solo Employee.

Non è più necessario il cast nell'ultima istruzione: il compilatore sa che l'oggetto estratto è un **Employee**.

Variabili di tipo

Nelle definizioni di metodi e classi generici, i tipi generici vengono chiamati **variabili di tipo** in quanto rappresentano tipi "formali", da abbinare ai tipi "attuali" specificati in sede di creazione degli oggetti, o di invocazione dei metodi:

public static <E> E getElement(E[] ar, int index)

→ E è la variabile di tipo, associata al tipo attuale nelle invocazioni del metodo. Es, in:

Integer[] elenco1 = {1,2,3,4,5,6};

Integer intero = getElement(elenco1, 0);

E prende valore "Integer"

Oltre ad usare classi generiche predefinite, come **`ArrayList<E>`**, è possibile definire delle nuove classi generiche.

Vediamo un esempio di definizione di una *classe generica (o parametrica)* che realizza una coppia di oggetti di tipo **T.**

```
public class Pair<T>
{
   public Pair() {
      first = null;
      second = null; }

   public Pair(T first, T second) {
      this.first = first;
       this.second = second; }

   public T getFirst() { return first; }
   public T getSecond() { return second; }

   private T first;
   private T second;
}
```

Per usare la classe **`Pair<T>`**: specifico

```
Pair<String> coppia = new Pair<String>("AAA","BBB");
......
String s = coppia.getFirst();
```

NOTA: Si potrebbe anche definire una coppia di oggetti di tipo diverso:

```
public class Pair<T,U> {...}
```

NOTA: Non è possibile istanziare un parametro di tipo con un tipo primitivo. Le variabili di tipo sono solo riferimenti

`Pair<double>` non è accettato **`Pair<Double>`** è corretto

Altro esempio di definizione di classe generica:

```
public class Pila<T>
{     private LinkedList<T> list = new LinkedList<T>();
      public boolean isEmpty()
            {return list.isEmpty();}
      public void push(T v)
            {list.addFirst(v);}
      public T pop()
            {return list.removeFirst();}
}
//… altra classe: applicazione che usa Pila<T>
public static void main(String[] args)
      {     Pila<String> stack = new Pila<String>();
            stack.push("a");
            stack.push("bcd");
            String s1 = stack.pop();
            String s2 = stack.pop();
            System.out.println(s1);
            System.out.println(s2);
      }
```

Pila<T> usa LinkedList<T> per mantenere la lista di elementi, ma la gestisce come uno stack con push e pop

Codice generico e macchina virtuale

La macchina virtuale non ha classi con parametri di tipo: tutti gli oggetti appartengono a classi ordinarie (senza parametri).

È compito del compilatore tradurre le classi generiche, e le istruzioni che utilizzano oggetti di queste classi, in classi e istruzioni accettate dalla macchina virtuale.

Ogni volta che si definisce un *tipo generico*, il compilatore lo trasforma con una operazione in un *tipo grezzo (raw type)*. Il nome del tipo grezzo coincide con quello del tipo generico senza i parametri di tipo. Tutte le variabili di tipo che compaiono nella definizione della classe generica sono sostituite con **Object**.

Ad esempio il tipo grezzo di **`Pair<T>`** è:

```
public class Pair {

   public Pair()
      { first = null; second = null; }
   public Pair(Object first, Object second)
       { this.first = first; this.second = second; }

   public Object getFirst()
      { return first; }
   public Object getSecond()
      { return second; }

   private Object first;
   private Object second;
}
```

Tutte le classi parametriche diventano a runtime delle classi senza parametri.

Infatti gli oggetti appartengono ad una sola classe. Es, consideriamo Pair<T1, T2>:

```
public class PairApp {
   public static void main(String args[]) {

      Pair<String, Integer> p1= new Pair<>("Mario Rossi", 30);
      Pair<Integer, Integer> p2= new Pair<>(25, 48);

      System.out.println("Le due coppie sono istanze della stessa classe? " +
                  (p1.getClass() == p2.getClass()));                  // stampa true

      System.out.println("A quale classe appartengono? " +
                     p1.getClass() + "; "+ p2.getClass());     // Pair Pair
   }
}
```

```
class Pair<T1, T2> {
   private T1 primo; private T2 secondo;
   public Pair(T1 uno, T2 due) {
            primo = uno;  secondo = due; }
   public T1 getPrimo() {
            return primo; }
   public T2 getSecondo() {
            return secondo; }
   public String toString() {                    // overrides toString() di Object
            return "primo: " + primo.toString() + "\n"  +
                     "secondo: " + secondo.toString(); }
   public boolean equals(Pair<T1,T2> coppia) { // overloads equal() di Object
            if (coppia==null) return false;
            return (primo.equals(coppia.primo) &&
                     secondo.equals(coppia.secondo));
   }
}
```

Se faccio overloading di equals() gli oggetti Pair NON eseguono questo metodo quando utilizzati come Object (es. Arrays.sort();)

```
class Pair<T1, T2> {
  private T1 primo; private T2 secondo;
  public Pair(T1 uno, T2 due) {
          primo = uno;  secondo = due; }
  ...
  public String toString() {                    // overrides toString() di Object
          return "primo: " + primo.toString() + "\n"  +
                  "secondo: " + secondo.toString();
  }
  public boolean equals(Object o) {          // overrides equals() di Object
          if (o==null)    return false;
          if (this.getClass()!=o.getClass())   return false;
          Pair<T1, T2> coppia = (Pair<T1, T2>)o;
          return (primo.equals(coppia.primo) &&
                  secondo.equals(coppia.secondo));
  }
}
```

Tuttavia questa è solo una questione implementativa. Dal punto di vista del programmatore è possibile usare le classi generiche. Sarà poi compito del compilatore tradurle in classi senza parametri, facendo tutti i controlli necessari per assicurarsi che non si verifichino errori di tipo.

È però da notare che la scelta implementativa ha degli effetti sulle operazioni consentite sulle classi generiche, come vedremo più avanti.

Per il momento, per es., si noti che una classe parametrica con parametro di tipo T non può utilizzare T nella dichiarazione di variabili statiche, o all'interno di un metodo statico o di codice di inizializzazione statico (solo gli oggetti hanno il tipo istanziato)

NOTA: I progettisti di Java 5.0 avrebbero anche potuto fare un'altra scelta, adottata nei template del C++, per implementare le classi generiche.

Infatti, data una classe generica, ad es. **`Pair<T>`**, il compilatore potrebbe generare una diversa classe senza parametri per ogni istanza della classe generica usata nel programma.

Ad esempio, se nel programma si usano i tipi **`Pair<String>`** e **`Pair<Employee>`**, il compilatore potrebbe generare due diverse classi, **`PairOfString`** e **`PairOfEmployee`**, ottenute sostituendo **`T`** rispettivamente con **`String`** e **`Enployee`** nella classe **`Pair<T>`**.

Questa soluzione ha lo svantaggio di generare molte classi da una sola classe generica.

Ereditarietà tra generici

Come con le normali classi Java, **anche con i generici possiamo definire relazioni di sottoclasse**. Es., estendo Pair<T> per avere coppie di elementi non ordinate (<2,3> è uguale a <3,2>)

```
class NonOrderedPair<T> extends Pair<T> {
   public NonOrderedPair(T uno, T due) {
            super(uno, due); }
   public boolean equals(Object o) {
      if (o==null)  return false;
      if (this.getClass()!=o.getClass()) return false;
      return ((this.getPrimo().equals(coppia.getPrimo()) &&
                this.getSecondo().equals(coppia.getSecondo())) ||
              (this.getSecondo().equals(coppia.getPrimo()) &&
                this.getPrimo().equals(coppia.getSecondo())));
   }
}
```

Overloading di metodi generici

Un metodo generico può essere overloaded da altri metodi generici o anche da metodi non generici. In caso di overloading il compilatore seleziona il metodo più specifico che fa match con la chiamata. Es, dati: **Integer[] ar = {1,2,3}; C.printArray(ar);** viene eseguito il secondo metodo printArray().

```
public class C {
        public static <E> void printArray(E[] ar) {
                for (E element : ar) {
                        System.out.print(element + ", "); }
        System.out.println(); }

        public static void printArray(Integer[] ar) {
                for (Integer element : ar) {
                        System.out.print("Speciale: "+ element + ", "); }
        System.out.println(); }
}
```

Vincoli sui tipi parametrici - I

A volte non ha senso sostituire un tipo di riferimento qualunque ad un tipo parametrico nella definizione di una classe parametrica.

Es. se volessi aggiungere a Pair<T> il metodo getMassimo(), che restituisce il valore più alto in una coppia, dovrei imporre che il tipo sostituito a T implementi Comparable.

Per farlo aggiungo a definizione di Pair la **restrizione di tipo su T:**

```
class Pair <T extends Comparable<T>> {
   private T primo;
   private T secondo;
  public T getMassimo() {
          if (primo.compareTo(secondo) >=0) return primo;
          else return secondo; }
  /// ... altri metodi di Pair
}
```

Dò upperbound al tipo parametrico di una classe

Vincoli sui tipi parametrici - II

class Pair <T extends Comparable<T>>

⇒ Data la restrizione, il raw type con cui sostituire T non potrà più essere Object, bensì Comparable

⇒ Il compilatore farà il controllo di tipo sui parametri attuali di costruttori e di invocazioni dei metodi, impedendo di creare Pair di oggetti che non implementino Comparable

La restrizione di tipo può specificare al più una classe e n interfacce: **class C <T extends Classe & $Interf_1$ &…& $Interf_n$>**

NB: in questo caso:

- **il tipo grezzo (raw type) di T è Classe**
- C può essere instanziata solo con elementi in cui T è Classe o un sottotipo di Classe

Vincoli sui tipi parametrici – esempio – I

Consideriamo due classi: MioTipo o SottoTipo:

```
class MioTipo {
        private String x;
        public MioTipo(String x) { this.x = x; }
        public String toString() { return x; }
}
class SottoTipo extends MioTipo {
        public SottoTipo(String x) { super(x); }
}
```

Vincoli sui tipi parametrici – esempio - II

Se impongo MioTipo come upper bound di T, potrò creare oggetti Pair che contengono elementi MioTipo o SottoTipo, non altro:

```
class Pair <T extends MioTipo> {
        // ... La definizione di Pair già data ...
}

public static void main(String args[]) {
    Pair<MioTipo> coppia1 =     // OK
        new Pair<MioTipo>(new MioTipo("Ciao "), new MioTipo("mondo"));

    Pair<SottoTipo> coppia2 =   // OK
        new Pair<SottoTipo>(new SottoTipo("Ciao "), new SottoTipo("mondo2"));

    Pair<String> coppiaWrong = new Pair<String>("Ciao ", "mondo");  // NO!!
}
```

Vincoli sui tipi parametrici – altro esempio

Per garantire la robustezza del software può essere necessario stringere i tipi generici utilizzati nei metodi di una classe/interface parametrica. Es:

```
public class Studente implements Comparable<Studente> {
   private int matricola;
   private String nome;
   private String cognome;
//... costruttore, set e get, etc. ...
   public int compareTo(Studente s) { // siamo certi che s sia Studente
         if (this.cognome.compareTo(s.cognome)<0 ||
                  (this.cognome.equals(s.cognome) &&
                   this.nome.compareTo(s.nome)<0))
                        return -1;
         else if (this.equals(s))
                        return 0;
         else return 1;
   }
```

Dò upperbound al tipo parametrico di un metodo

Il compilatore richiede compareTo(Studente), non compareTo(Comparable)

Collezioni

Java fornisce un insieme di classi che realizzano le strutture dati più utili (collezioni), come liste o insiemi.

Il package java.util che contiene le collezioni distingue fra *interfacce* e *implementazioni*.

Ad esempio **`List<E>`** è una **`interface`** che specifica le operazioni principali sulle liste.

`ArrayList<E>` e **`LinkedList<E>`** sono due classi concrete che implementano l'interfaccia **`List<E>`** in modi diversi.

L'interfaccia **`Set<E>`** specifica un insieme:

```
interface Set<E> {
  boolean add(E o);
  boolean contains(Object o);
  boolean remove(Object o);
  ......
}
```

La classe **`HashSet<E>`** implementa l'interfaccia **`Set<E>`** mediante una tabella hash.

La classe **`TreeSet<E>`** implementa l'interfaccia **`Set<E>`** garantendo che gli elementi dell'insieme siano ordinati. Gli elementi dell'insieme devono implementare l'interfaccia **`Comparable<T>`**. Oltre ai metodi definiti in **`Set<E>`**, vengono forniti altri metodi come **`first()`** o **`last()`**.

Quando in un programma si utilizza un insieme, non è necessario sapere quale implementazione dell'insieme verrà utilizzata.

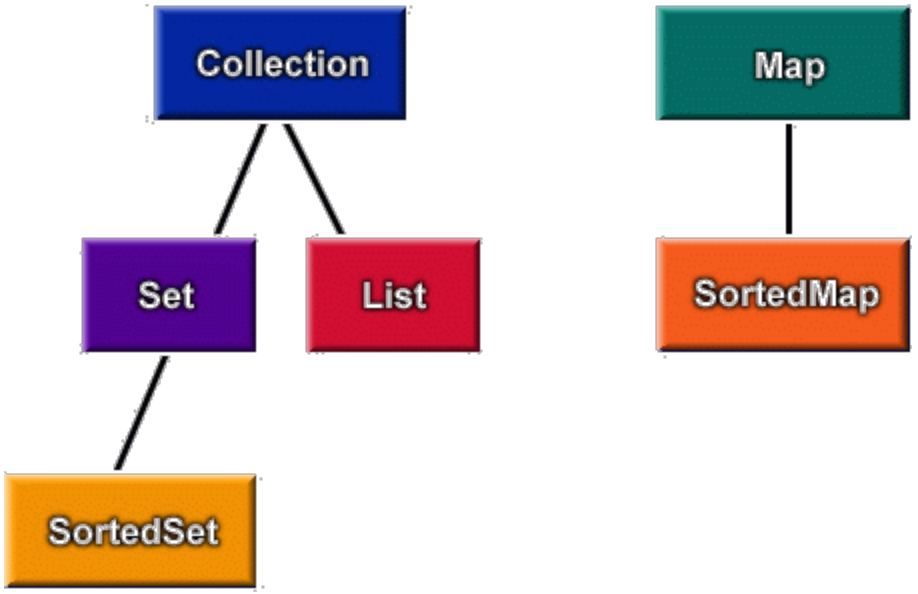
Conviene utilizzare la *classe concreta* solo quando si costruisce l'insieme, mentre si può utilizzare il *tipo dell'interfaccia* per specificare il riferimento alla collezione:

```
Set<Employee> s = new HashSet<Employee>;
Employee e = ...;
s.add(e);
...
```

In questo modo, se si decide di usare l'implementazione **`TreeSet`**, è sufficiente modificare la prima istruzione in cui si crea l'insieme, senza modificare il resto del programma.

Strutture dati: Interfacce

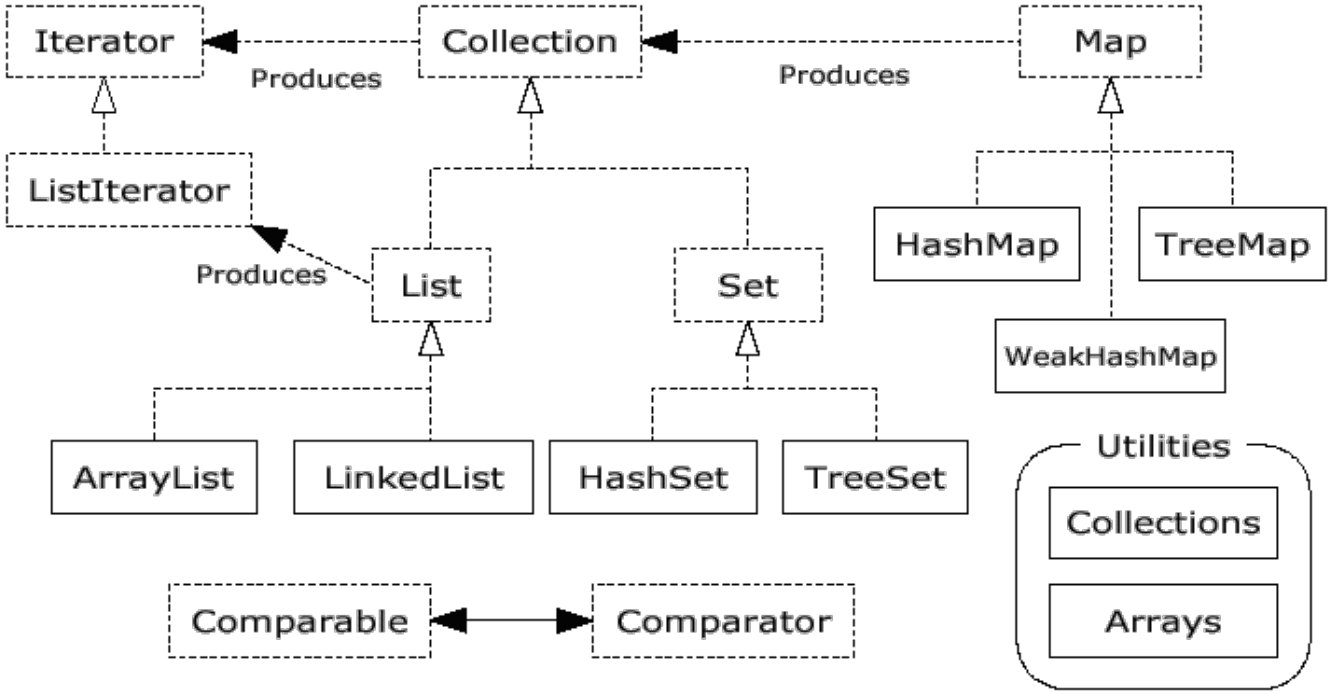
- **Collection**: un arbitrario gruppo di oggetti
- **List**: un gruppo di oggetti memorizzati in una data sequenza
- **Set**: un gruppo di oggetti senza duplicati
- **Map**: un gruppo di coppie (oggetti) chiave-valore



Sono tutte ***interfacce***!

Strutture dati: Implementazioni

Ogni interfaccia ha più implementazioni che possono essere scelte in modo indifferente a seconda delle esigenze (anche di efficienza)



Iteratori

L'interfaccia **`Collection`** prevede vari metodi:

```
public interface Collection<E> {
  boolean add(E element);
  Iterator<E> iterator();
  ...
}
```

Il metodo **`iterator`** restituisce un oggetto che implementa l'interface **`Iterator`**:

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

La chiamata ripetuta del metodo **`next`** permette di scorrere gli elementi della collezione uno alla volta.

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
   Iterator<Object> iter = c.iterator();
   while (iter.hasNext()) {
      Object ob = iter.next();
      System.out.println(ob);
   }
}
```

Per iterare sugli elementi della collezione si può usare anche una istruzione **for each**:

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
   for(Object ob : c)
      System.out.println(ob);
}
```

L'istruzione **for each** può essere usata con qualunque collezione che implementi l'interfaccia ***Iterable***.

Auto-boxing

Le strutture come **Collection** possono contenere solo oggetti. Quindi per inserire un tipo primitivo (es. int) occorre convertirlo (**boxing**) nel corrispondente oggetto (es. Integer). Viceversa, quando si estrae un oggetto dalla collezione occorre riconvertirlo nel tipo primitivo (**unboxing**). Dalla versione 5.0 boxing e unboxing sono fatti automaticamente dal compilatore.

```
ArrayList<Integer> al = new ArrayList<Integer>();
```

PRIMA	DOPO
`al.add(0, new Integer(25));`	`al.add(0, 25);`
`int x = (al.get(0)).intValue();`	`int x = al.get(0);`

Array e collezioni

Da JDK 5.0 è possibile specificare il tipo degli elementi di una collezione, es. **`ArrayList<Employee>`**, esattamente come si fa con gli array: **`Employee[]`**.

Tuttavia ci sono alcune differenze:

1. non è possibile istanziare il parametro di tipo di una collezione con un tipo primitivo (i tipi parametrici sono riferimenti);
2. **gli oggetti array mantengono a runtime l'informazione sul tipo degli elementi, mentre gli oggetti collezione perdono l'informazione a runtime**.

Vediamo le conseguenze del secondo punto.

Generici e sottotipi

Con gli array è possibile scrivere:

ClasseDue è una sottoclasse di **Classe**

```
1. Classe[] arrayClasse;
2. ClasseDue[] arrayClasseDue;
3. arrayClasseDue = new ClasseDue[2];
4. arrayClasse = arrayClasseDue;
5. arrayClasse[0] = new Classe(...);
```

Il compilatore accetta questo programma, in particolare l'assegnazione nella linea 4 perché un array di **`ClasseDue`** è una sottoclasse di array di **`Classe`**.

L'interprete dà errore a *runtime* eseguendo la linea 5, perché **`arrayClasse`** fa riferimento ad un array di oggetti di **`ClasseDue`**, creato alla linea 3, a cui non è possibile assegnare oggetti **`Classe.`**

L'interprete può rilevare l'errore perché, quando viene creato un array, gli viene associata l'informazione sul tipo degli elementi.

Vediamo lo stesso programma con ArrayList al posto degli array:

```
1. ArrayList<Classe> alClasse;
2. ArrayList<ClasseDue> alClasseDue;
3. alClasseDue = new ArrayList<ClasseDue>();
4. alClasse = alClasseDue;
5. alClasse.add(new Classe(...));
```

In questo caso il compilatore dà errore alla linea 4, dicendo che i tipi **`ArrayList<Classe>`** e **`ArrayList<ClasseDue>`** sono incompatibili.

Se il compilatore accettasse questo programma, come nel caso degli array, l'interprete non sarebbe in grado di scoprire a runtime l'errore alla linea 5, perché le collezioni non conservano a runtime l'informazione sul tipo degli elementi.

In generale, data una classe parametrica **`C<T>`**, e due tipi **`Tipo1`** e **`Tipo2`**, tali che **`Tipo2`** è sottotipo di **`Tipo1`**, non esiste nessuna relazione tra i tipi **`C<Tipo1>`** e **`C<Tipo2>`**.

Es., anche se SottoTipo extends MioTipo, non è possibile assegnare un **`Pair<SottoTipo>`** a un **`Pair<MioTipo>`**, né viceversa (mentre sarebbe possibile assegnare un array di **`SottoTipo`** ad un array di **`MioTipo`**).

```
public static void main(String args[]) {
        Pair<MioTipo> coppia3;
        Pair<SottoTipo> coppia4;
        coppia3 = coppia4; // error: incompatible types:
            // Pair<SottoTipo> cannot be converted to Pair<MioTipo>
        coppia4 = coppia3;   // error: incompatible types:
            // Pair<MioTipo> cannot be converted to Pair<SottoTipo>
}
```

Il comportamento descritto prima è molto restrittivo. Ad esempio, il seguente metodo per stampare gli elementi di una collezione:

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
   for(Object ob : c)
      System.out.println(ob);
}
```

può essere usato solo per stampare gli elementi di una **`Collection<Object>`**, ma non può avere come parametro, ad esempio, una **`Collection<Integer>`**, perchè i due tipi sono incompatibili.

Il tipo jolly (wildcard)

Per definire una *collection* di qualunque cosa si può usare la notazione **Collection<?>**.

```
void printCollection(Collection<?> c)
{  for(Object ob : c)
       System.out.println(ob);
}
```

È possibile chiamare **`printCollection`** con un parametro **`Collection<Integer>`**, **`Collection<Employee>`** o collezione di qualsiasi altro tipo: **l'upper bound di default di ? è Object.**

Anche con il tipo jolly ci sono delle limitazioni.
Ad esempio in

```
Collection<?> c = new ArrayList<String>();
c.add(new Object());
```

il compilatore accetta la prima istruzione, ma non la seconda, perché non può garantire la correttezza del tipo dell'elemento che viene inserito nella collezione (di cui non conosce il tipo).

Limitazioni sul tipo jolly

Consideriamo la classe astratta:

```
public abstract class Forma {
   public abstract void disegna();
}
```

e diverse sue sottoclassi come **Cerchio**, **Rettangolo**, ... che implementano il metodo **disegna**. Un metodo per disegnare le forme contenute in una lista potrebbe essere:

```
public void disegnaTutto(List<Forma> forme) {
   for (Forma f: forme)
      f.disegna();
}
```

La definizione

```
public void disegnaTutto(List<Forma> forme) {
```

è restrittiva, perché il metodo **disegnaTutto** può essere applicato solo a una **List<Forma>** e non, per esempio, a una **List<Rettangolo>**.

D'altra parte

```
public void disegnaTutto(List<?> forme) {
```

sarebbe troppo generale perché il ? può essere legato a qualunque tipo, in particolare ad **Object** che non ha il metodo **disegna**.

Il ? può essere limitato con la notazione

```
public void disegnaTutto(List<? extends Forma> forme) {
   for (Forma f: forme)
      f.disegna();
}
```

in cui il tipo degli elementi della lista può essere una qualunque sottoclasse di **Forma**, e quindi certamente avrà il metodo disegna.

In questo caso il raw type che viene assegnato a List è infatti Forma (il più generico tipo che gli elementi della collezione possono avere – **Forma è l'upper bound della wildcard**).

Altri esempi di uso corretto e non delle wildcards

```
public class WildCardTest {
   public static void main(String args[]) {
            ArrayList<?> lista1;
            //lista1.add("Ciao"); // error: no suitable method found for add(String)
            ArrayList<? extends Number> lista2;
            //lista2.add(new Integer(2));
                        // error: no suitable method found for add(Integer)
                        // accetterebbe delle add di Number, ma Number è classe astratta
            ArrayList<Integer> numeri = new ArrayList<Integer>();
            numeri.add(54); numeri.add(23);  // OK autoboxing
            System.out.println(sum(numeri)); // OK
   }
   public static double sum(ArrayList< ? extends Number > lista) {
              double tot = 0;
              for (Number el : lista) {
                        tot = tot+el.doubleValue(); }
              return tot;
   }
}
```