Programmazione Orientata agli Oggetti

Interfacce e Polimorfismo

Upcasting e Downcasting

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Riferimenti Tipati (1)

- In Java i riferimenti sono tipati, ovvero specificano il tipo dell'oggetto referenziato
- La definizione:

```
Strumento s;
```

  afferma che **`s`** è un riferimento ad un oggetto di tipo **`Strumento`**
- Questo significa che attraverso **`s`** possiamo invocare i servizi del tipo **`Strumento`**
  - ovvero che è possibile chiedere di eseguire i metodi offerti dal tipo **`Strumento`** all'oggetto referenziato da **`s`**

Riferimenti Tipati (2)

- Consideriamo la seguente classe **Musicista**

```
public class Musicista {
        private String nome;

        public Musicista(String nome) {
                this.nome = nome;
        }

        public void suona(Strumento s) {
                s.produciSuono();
        }
}
```

Riferimenti Tipati (3)

- Il metodo **`suona(Strumento s)`** prende come parametro un riferimento ad un oggetto il cui tipo è **`Strumento`**
- Nel corpo del metodo è possibile invocare su **`s`** tutti i metodi offerti dal tipo **`Strumento`**
  - intuiamo che **`Strumento`** offre il metodo **`public void produciSuono()`**

Costrutti Java per la Definizione di Nuovi Tipi

- Fino ad ora abbiamo visto un solo modo per definire nuovi tipi: la definizione di nuove classi (mediante il costrutto **`class`**)
- In Java (e in altri moderni linguaggi OO, come ad esempio C#, Scala) esistono molteplici costrutti per definire nuovi tipi
- È il costrutto **`interface`**

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Java Interface (1)

- Possiamo dire che una **`interface`** specifica un tipo in termini dei servizi, ovvero dei metodi, che questi può offrire
- Una **`interface`** non specifica i dettagli implementativi dei vari servizi, specifica solamente in che modo i servizi possono essere invocati (nome, parametri, tipo restituito)
- In definitiva una **`interface`** consiste in una specifica delle segnature (e dei tipi restituiti) dai metodi che il tipo può offrire

Java Interface (2)

- Esempio:

```
public interface Strumento {
    public void produciSuono();
}
```

- ✔ L'interface **`Strumento`** definisce il tipo di oggetti che possono offrire il metodo **`produciSuono()`**

Java Interface (3)

- Nelle interface specifichiamo solo le segnature (e il tipo restituito) dei metodi che un tipo può offrire
- In una **`interface`** non c'è nessun dettaglio relativo alla implementazione
  - Niente variabili
  - Niente costruttori
  - Niente corpo dei metodi
- Le **`interface`** non si possono istanziare
- Ma una classe può implementare una (o più) interface
- Una classe che implementa una **`interface`** garantisce che le sue istanze rispettino il tipo specificato nella **`interface`**

Classi ed Interface (1)

```
public class Tamburo implements Strumento {
  public void produciSuono() {
    System.out.println("bum-bum-bum");
  }
}
```

- La parola chiave **`implements`** serve a specificare che la classe **`Tamburo`** implementa l'interfaccia **`Strumento`**
- Questo significa che gli oggetti **`Tamburo`** sono in grado di offrire i metodi del tipo **`Strumento`**

Classi ed Interface (2)

- Una classe che implementa una **`interface`** può avere altri metodi (oltre a quelli della **`interface`**) specifici della classe

```
public class Chitarra implements Strumento {
  private int[] corde;

  public Chitarra(){
    corde = new int[6];
  }

  public void produciSuono() {
    System.out.println("dlen-dlen-dlen");
  }

  public int accorda(int corda, int val) {
          return corde[corda] += val;
  }
}
```

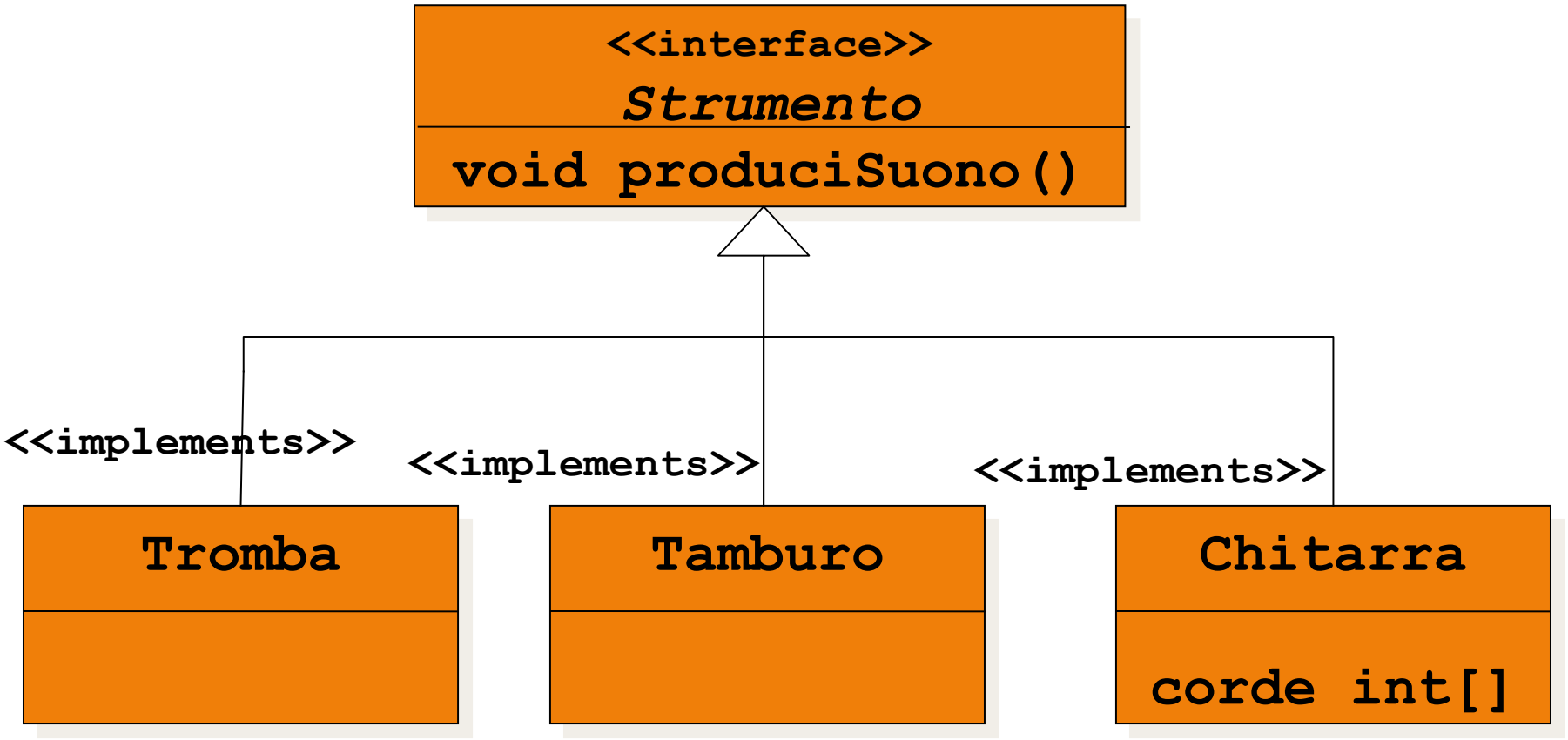
Esempio

```
public class Tamburo implements Strumento {
          public void produciSuono() {
            System.out.println("bum-bum-bum");
          }
}
```

```
public class Tromba implements Strumento {
          public void produciSuono() {
            System.out.println("pe-pe-re-pe-pe");
          }
}
```

```
public class Chitarra implements Strumento {
  private int[] corde;
  public Chitarra(){
    corde = new int[6];
  }
  public void produciSuono() {
    System.out.println("dlen-dlen-dlen");
  }
  public int accorda(int corda, int val) {
            return corde[corda] += val;
  }
}
```

Diagramma delle Classi



Tipi, Sottotipi & Supertipi

- Abbiamo detto che una **`interface`** definisce un tipo
- Se la classe **`C`** implementa una **`interface I`** diciamo che:
  - **`C`** è un *sottotipo* di **`I`**

  e che
  - **`I`** è un *supertipo* di **`C`**
- Ad esempio
  - **`Tamburo`** è un sottotipo di **`Strumento`**
  - **`Strumento`** è un supertipo di **`Tamburo`**

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Principio di Sostituzione (1)

- In Java vale il *principio di sostituzione (di Liskov)*:

  un sottotipo può essere usato al posto di un suo supertipo

- Rivediamo il metodo **`suona(Strumento s)`** della classe **`Musicista`**:

```
public void suona(Strumento s){
    s.produciSuono();
}
```

- Se invochiamo il metodo **`suona(Strumento s)`**, per il principio di sostituzione, possiamo passargli anche un riferimento ad un oggetto istanza di una qualunque classe che implementi l'interfaccia **`Strumento`**

Principio di Sostituzione (2)

- Esempio:

```
public static void main(String[] args){
  Chitarra c = new Chitarra();
  Strumento t = new Tamburo();
  Musicista ludovico = new Musicista("Ludovico");
  ludovico.suona(c);
  ludovico.suona(t);
}
```

- Nelle chiamate al metodo **`suona(Strumento s)`** abbiamo usato un riferimento ad un oggetto **`Chitarra`** (e poi un riferimento ad un oggetto **`Tamburo`**) al posto di un riferimento a **`Strumento`**

Principio di Sostituzione (3)

- Per il principio di sostituzione, un riferimento ad un sottotipo può essere assegnato ad un riferimento ad un suo supertipo
- Esempio:

```
Strumento s;
Chitarra c;
c = new Chitarra();
s = c;
```

Principio di Sostituzione (4)

- Commentiamo le precedenti istruzioni

  `Strumento s;`

  - Abbiamo definito una variabile **`s`**: contiene un riferimento ad un oggetto che rispetta il tipo **`Strumento`**

  `Chitarra c;`

  - Abbiamo definito una variabile **`c`**: contiene un riferimento ad un oggetto che rispetta il tipo **`Chitarra`**

  `c = new Chitarra();`

  - Abbiamo creato un oggetto **`Chitarra`** e ne abbiamo assegnato il riferimento alla variabile **`c`**

  `s = c;`

  - Abbiamo assegnato il riferimento all'oggetto **`c`** alla variabile **`s`**

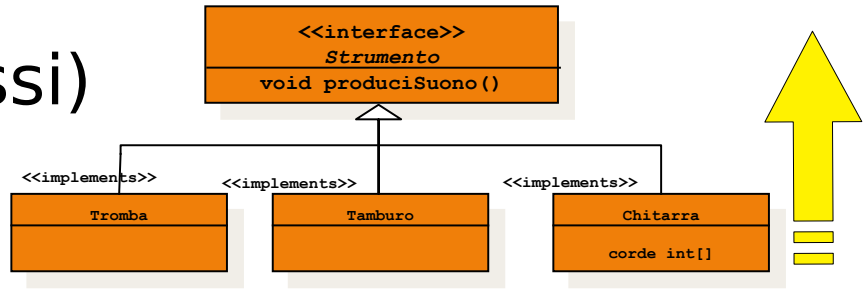
- È tutto lecito perché l'oggetto **`c`** è istanza della classe **`Chitarra`** che implementa il supertipo **`Strumento`**

Upcasting

- La promozione da un tipo ad un suo supertipo viene chiamata *upcasting*
- *upcasting* : un riferimento ad un oggetto è “promosso” in un riferimento ad un suo supertipo

- Il termine (“Up”=”verso l’alto”) è tradizionalmente legato al modo in cui vengono espresse graficamente le dipendenze supertipo/sottotipo

  (vedi diagramma delle classi)



Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Polimorfismo e Late Binding (1)

- Consideriamo la classe **`Musicista`**

```
public class Musicista {
        private String nome;

        public Musicista(String nome){
                this.nome = nome;
        }

        public void suona(Strumento s){
                s.produciSuono();
        }
}
```

Polimorfismo e Late Binding (2)

- Cosa succede a tempo di esecuzione, quando al parametro s è *legato* un oggetto?
- Sappiamo che il metodo **`produciSuono()`** viene invocato da un oggetto la cui classe implementa l'interfaccia **`Strumento`**
- Ma il codice da eseguire non è noto se non a tempo di esecuzione
- Il collegamento tra segnatura e corpo del codice da eseguire per **`produciSuono()`** viene stabilito solo a tempo di esecuzione (*late binding*)
- C'è un comportamento *polimorfo* del parametro formale **`Strumento s`**
  - può assumere forme/comportamenti diversi: tutti quelli dei suoi sottotipi

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Tipo Statico e Tipo Dinamico

- Consideriamo la seguente istruzione:

```
Strumento s = new Chitarra();
```

- È lecita, per il principio di sostituzione
- Qual è il tipo della variabile **`s`**?
- Dobbiamo distinguere tra
  - Tipo statico
  - Tipo dinamico

Tipo Statico

- Il tipo statico è quello che viene usato nella dichiarazione della variabile
- Ad esempio, nella istruzione:

```
Strumento s = new Chitarra();
```

  il tipo statico di **s** è **Strumento**
- Il tipo statico è determinato a tempo di compilazione
- Il compilatore permette di applicare i metodi del tipo statico (ovvero verifica che su una variabile siano invocati i metodi del suo tipo statico)
- Nel nostro esempio possiamo invocare su **s** solo i metodi di **Strumento**

```
Strumento s = new Chitarra();
s.produciSuono();// CORRETTO
s.accorda(2,1);  // ERRATO: il tipo Strumento non
        // possiede il metodo accorda(int, int)
```

Tipo Dinamico

- Il tipo dinamico è quello dell'oggetto realmente istanziato e quindi referenziato in memoria
- Ad esempio, nella istruzione:

```
Strumento s = new Chitarra();
```

  il tipo dinamico di **`s`** è **`Chitarra`**
- Il tipo dinamico stabilisce quale sarà l'implementazione usata
- Nel nostro esempio:

```
Strumento s = new Chitarra();
s.produciSuono();
```

- A tempo di esecuzione il codice del metodo **`produciSuono()`** che viene usato è quello definito nella classe **`Chitarra`**

Tipo Statico e Tipo Dinamico

- Capire la differenza tra tipo statico e tipo dinamico è fondamentale
- Il tipo statico viene assegnato dal compilatore e determina l'insieme dei metodi che possono essere invocati
- Il tipo dinamico interviene a tempo di esecuzione e determina l'implementazione che viene eseguita

Tipo Statico vs Tipo Dinamico (1)

Qual'è il tipo di c?

```
Chitarra c = new Chitarra();
```

Tipo Statico Tipo Dinamico

Qual'è il tipo di s?

```
Strumento s = new Chitarra();
```

Tipo Statico Tipo Dinamico

Tipo Statico vs Tipo Dinamico (2)

- Il tipo dichiarato di una variabile è il suo *tipo statico*
- Il tipo dell'oggetto a cui una variabile si riferisce è il suo *tipo dinamico*
- Il compilatore si preoccupa di verificare violazioni del tipo statico

```
Strumento strumento = new Chitarra();
strumento.accorda(2,1);// ERRORE a tempo di compilazione
```

- **`accorda()`** non è tra i metodi di **`Strumento`** (tipo statico della var. locale **`strumento`**)

Tipo Statico vs Tipo Dinamico (3)

- A tempo di esecuzione viene eseguito il metodo del tipo dinamico
  - ✔ d’altronde i metodi definiti nelle interfacce non possiedono implementazione se non quella delle classi che le implementano

- Nota che il compilatore non solo non *conosce*, ma neanche può *prevedere*, in generale, i tipi dinamici >>

Imprevedibilità dell'Esecuzione (1)

```
import java.util.Random;

public class OrchestraCausale {
   public static void main(String[] args){
     Strumento[] orchestra = new Strumento[10];
     Random r = new Random();

     for(int i=0; i<orchestra.length; i++) {
         int numeroAcaso = r.nextInt(3);
         if (numeroAcaso==0)
              orchestra[i] = new Chitarra();
         if (numeroAcaso==1)
              orchestra[i] = new Tamburo();
         if (numeroAcaso==2)
              orchestra[i] = new Tromba();
      }

     for(int i=0; i<orchestra.length; i++)
       orchestra[i].produciSuono();
   }
}
```

Imprevedibilità dell'Esecuzione (2)

- Nell'esempio precedente l'array è riempito casualmente a tempo di esecuzione: non sappiamo a priori quali strumenti vengono assegnati ai vari elementi dell'array
- A tempo di esecuzione, ogni elemento dell'array produce il suono corrispondente al tipo dinamico
- A tempo di compilazione, ogni elemento dell'array possiede tipo statico **`Strumento`**

Il compilatore non può prevedere il tipo dinamico degli oggetti effettivamente utilizzati a tempo di esecuzione

Tipo Statico e Tipo Dinamico: Overloading (1)

- L'overloading dei metodi viene risolto dal compilatore, quindi staticamente
- In particolare:
  - se abbiamo un metodo sovraccarico il compilatore guarda il tipo statico dei parametri per decidere qual’è il metodo da invocare
- Vedi esercizio seguente

Tipo Statico e Tipo Dinamico: Overloading (2)

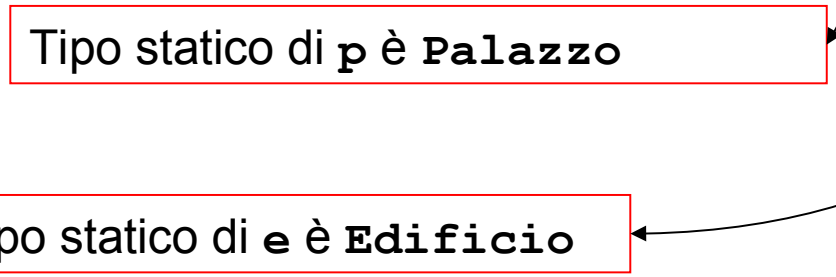
```
interface  Edificio {
     public int altezza();
}

public class Palazzo implements Edificio {
    private int altezza;
    public Palazzo(int altezza) {this.altezza = altezza;}
    public int altezza() {return this.altezza;}
}

public class Coloratore {
     public void colora(Edificio e) {
          System.out.println("Colorato Edificio");
     }
     public void colora(Palazzo p) {
          System.out.println("Colorato Palazzo");
     }

     public static void main(String args[]) {
          Palazzo p = new Palazzo(4);
          Edificio e = new Palazzo(3);
          Coloratore c = new Coloratore();

          c.colora(p);
          c.colora(e);
     }
}
```



Tipo Statico e Tipo Dinamico: Esempio

```
interface  Veicolo {
      public void func(Veicolo v);
      public void func(Autotreno a);
}
public class Autotreno implements Veicolo {
      public void func(Veicolo v) {
        System.out.println("Autotreno.func(Veicolo) ");
      }
      public void func(Autotreno a) {
        System.out.println("Autotreno.func(Autotreno) ");
      }

      public static void main(String args[]) {
         Veicolo a = new Autotreno();
         Autotreno b = new Autotreno();
         a.func(b);

         a.func(a);
      }
}
```

Tipo statico di **b** è **Autotreno**

Tipo statico di **a** è **Veicolo**

Esercizi

- Fare le verifiche
  - L.java
  - Olimpiadi.java
  - Villa.java

Contenuti

- Riferimenti tipati
- Java Interface
- Principio di sostituzione
- Polimorfismo e late binding
- Tipo statico e tipo dinamico
- Interfacce come ruolo

Interface come *Ruolo* (1)

- Una classe può implementare più di una interface
- Potremmo dire che ciascuna interface implementata da una classe rappresenta uno specifico "ruolo" che la classe può assumere
- Ragionare sui ruoli (ed usare le potenzialità del polimorfismo) ci aiuta a produrre codice altamente riutilizzabile

Interface, Ruoli e Riuso (1)

- Consideriamo un problema noto che si presta naturalmente ad un comportamento polimorfo degli oggetti interessati: l'ordinamento
- Supponiamo di avere una classe che modella un "orario", espresso in ore e minuti
- Supponiamo di avere una collezione (per semplicità un array) di oggetti orario
- Supponiamo di voler ordinare questa collezione

Esempio: La Classe `Orario`

```
public class Orario {
   private int ore;
   private int minuti;

   public Orario(int ore, int minuti) {
       this.ore = ore;
       this.minuti = minuti;
   }

   public int getOre() {
       return this.ore;
   }

   public int getMinuti() {
       return this.minuti;
   }

   public boolean minoreDi(Orario o) {
       if (this.getOre() > o.getOre())
           return false;
       if (this.getOre() == o.getOre())
           return (this.getMinuti() < o.getMinuti());
       return true;
   }

   public String toString() {
       return this.getOre()+":"+this.getMinuti();
   }
}
```

Interface, Ruoli e Riuso (2)

- Per ordinare la collezione creiamo una opportuna classe che offre questa funzionalità attraverso il metodo **`ordina(Orario[])`**
- Scriviamo il codice
  (usiamo un qualsiasi algoritmo di ordinamento, cfr. corso Fondamenti, ad esempio il «selection sort»)
- vedi classe **`OrdinatoreOrari`**

La Classe OrdinatoreOrari

```
public class OrdinatoreOrari {

  public static void ordina(Orario[] lista) {
    int imin;
    for (int ord=0; ord<lista.length-1; ord++) {
      imin = ord;
      for (int i=ord+1; i<lista.length; i++)
        if (lista[i].minoreDi(lista[imin])) {
           Orario temp=lista[i];
           lista[i]=lista[imin];
           lista[imin]=temp;
        }
      }
    }
  }
```

Interface, Ruoli e Riuso (3)

- Osserviamo bene il codice di `OrdinatoreOrari`
- Affinché gli oggetti dell'array possano essere ordinati, l'unica proprietà che questi oggetti devono avere è quella di possedere un metodo `minoreDi(Orario)`
- In altri termini l'ordinamento funziona su oggetti che sappiano interpretare il *ruolo* di «essere confrontati»
- Questo ruolo lo possiamo esplicitare in una opportuna interface

“Confrontabilità”, come Ruolo

- Creiamo l'interface **`Comparabile`**: gli oggetti delle classi che la implementano sono in grado di essere confrontati tramite il metodo

  `minoreDi(Comparabile)`

L'interface Comparabile

```
public interface Comparabile {
  public boolean minoreDi(Comparabile c);
}
```

Interface, Ruoli e Riuso (4)

- Possiamo ora generalizzare la nostra classe **`Ordinatore`** (e il relativo algoritmo di ordinamento) affinché funzioni su tutte le classi che sappiano interpretare il ruolo **`Comparabile`**

La Classe Ordinatore

```
public class Ordinatore {

 public static void ordina(Comparabile[] lista){
   int imin;
   for (int ord=0; ord<lista.length-1; ord++){
     imin = ord;
     for (int i=ord+1; i<lista.length; i++)
       if (lista[i].minoreDi(lista[imin])){
          Comparabile temp=lista[i];
          lista[i]=lista[imin];
          lista[imin]=temp;
       }
     }
   }

 }
```

La Classe `Orario` (rivisitata)

```
public class Orario implements Comparabile {
   private int ore;
   private int minuti;

   public Orario(int ore, int minuti) {
     this.ore = ore;
     this.minuti = minuti;
   }

   public int getOre() {
     return this.ore;
   }

   public int getMinuti() {
     return this.minuti;
```

```
public boolean minoreDi(Comparabile c) {
     Orario o;
     o = (Orario)c;
     if (this.getOre() > o.getOre())
        return false;
     if (this.getOre() == o.getOre())
        return (this.getMinuti() < o.getMinuti());
     return true;
   }
```

Interface, Ruoli e Riuso (5)

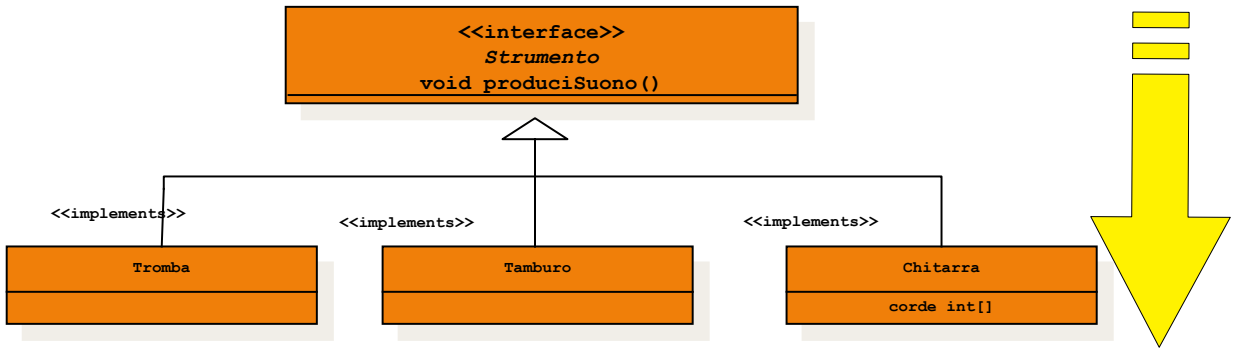
- Per rispettare l'interface **`Comparabile`** il metodo **`minoreDi()`** deve prendere come parametro un oggetto **`Comparabile`**

```
public boolean minoreDi(Comparabile c)
```

- Quando però scriviamo il codice, dobbiamo poter usare i metodi specifici della classe **`Orario`** (altrimenti non potremmo implementare il metodo!)
- Il compilatore non ce lo permette: il tipo statico del parametro è **`Comparabile`**

Downcasting (1)

- È necessaria allora una “forzatura” sul tipo del parametro
- In particolare forziamo l’utilizzo (a tempo statico ed anche dinamico>>) del sottotipo
- Questa operazione viene chiamata *downcasting* (in opposizione all’*upcasting*)



Downcasting (2)

- Quando si opera il downcasting:
  - Informiamo il compilatore che vogliamo “forzarlo” ad usare un certo tipo statico
  - Lo stesso introduce (a tempo statico, durante la compilazione) nel codice oggetto un controllo da eseguirsi a tempo dinamico, durante l’esecuzione: la macchina virtuale verifica che l'operazione sia lecita e possibile
    - Ovvero verifica che l'oggetto sia di un tipo dinamico effettivamente sottotipo del tipo statico forzato
- In caso contrario il programma abortisce sollevando una eccezione di tipo **`java.lang.ClassCastException`**

Esercizio

1) Scrivere con JUnit test-case *minimali* per confermare il corretto funzionamento del metodo **`minoreDi()`** come implementato nella classe **`Orario`**
2) Scrivere con JUnit un test-case per:
   - definire e creare un array di 5 oggetti **`Orario`**
   - creare 5 oggetti orario, che rappresentino i seguenti orari: 12:30, 21:40, 9:20, 4:00, 1:35
   - mettere i riferimenti ai 5 oggetti creati negli elementi dell'array
   - Ordinare l'array
   - Verificare che sia correttamente ordinato

Esercizio

- Scrivere una classe **`Studente`**, che contenga i campi nome (una stringa), età (un intero), un costruttore con due parametri, e i metodi accessori
- La classe **`Studente`** deve implementare l'interfaccia **`Comparabile`**, descritta in precedenza (vedi codice di **`Orario`**)
- Scrivere un metodo che crei un array di oggetti **`Studente`** e lo ordini (per età) usando il metodo **`Ordinatore.ordina`**()
- Scrivere con JUnit una classe di test per verificare che l'array sia effettivamente ordinato, dopo l'invocazione del metodo **`Ordinatore.ordina`**()

Esercizio

- Introdurre nell'interfaccia **`Comparabile`** un nuovo metodo

  `int compara(Comparabile c)`

  che restituisce un valore negativo, pari a `0`, positivo, se l'oggetto su cui è chiamato il metodo è rispettivamente minore, uguale, maggiore del valore del parametro
- Nella classe **`Ordinatore`**, scrivere il codice del metodo:

```
public static int
    ricercaBinaria(Comparabile[] v, Comparabile cercato)
```

  che implementa l'algoritmo di ricerca binaria (cfr. corso di Fondamenti di Informatica); questo metodo restituisce un intero il cui valore corrisponde alla posizione dell'elemento **`cercato`** nell'array **`v`** oppure a **`-1`** se tale elemento non è presente
- Scrivere, utilizzando JUnit, una classe di test per verificare il corretto funzionamento del metodo