



---

# Le gerarchie di tipi: specifica e implementazione

# Sotto-tipo

---

- *B è un sotto-tipo di A: “every object that satisfies interface B also satisfies interface A”*
- **Obiettivo metodologico:** il codice scritto guardando la specifica di **A** opera correttamente anche se viene usata la specifica di **B**

# Sotto-tipi e Principio di Sostituzione

---

- **B è un sotto-tipo di A:** B può essere sostituito per A
  - una istanza del sotto-tipo B soddisfa le proprietà del super-tipo A
  - una istanza del sotto-tipo B può avere **maggiori vincoli** di quella del super-tipo A

# Terminologia

---

- Quella di **sotto-tipo** è una nozione **semantica** (specifica delle proprietà)
- **B è un sotto-tipo di A** se e solo se un oggetto di B si può mascherare come un oggetto di A in tutti i possibili contesti
- L'**ereditarietà** è una nozione di **implementazione**
  - creare una nuova classe evidenziando solo le differenze (il codice nuovo)

# Principio di sostituzione

---

- Un oggetto del sotto-tipo può essere sostituito a un oggetto del super-tipo senza influire sul comportamento dei programmi che utilizzano il tipo
  - i sotto-tipi supportano il comportamento del super-tipo
- Astrazione via specifica per una famiglia di tipi
  - astraiamo diversi sotto-tipi a quello che hanno in comune

**Vogliamo che la specifica del sottotipo soddisfi quella del supertipo!!!**

# Gerarchia di tipi: **specifica**

---

- **Specifica** del **tipo superiore** della gerarchia
  - come quelle che già conosciamo
  - l'unica differenza è che può essere parziale, e per esempio possono mancare i costruttori
- **Specifica** di un **sotto-tipo**
  - la specifica di un sotto-tipo è data relativamente a quella dei suoi super-tipi
  - non si definiscono nuovamente quelle parti delle specifiche del super-tipo che non cambiano
  - vanno specificati solo
    - i costruttori del sotto-tipo
    - i metodi “nuovi” forniti dal sotto-tipo
    - i metodi del super-tipo che il sotto-tipo ridefinisce

# Gerarchia di tipi: implementazione

---

- l'implementazione del tipo superiore può non essere implementato affatto
  - può avere implementazioni parziali, ovvero alcuni metodi sono implementati e altri no
  - può fornire informazioni a potenziali sotto-tipi dando accesso a variabili o metodi di istanza
    - ✓ che un "normale" utente del super-tipo non può vedere
- I sotto-tipi sono implementati come estensioni dell'implementazione del super-tipo
  - la *rep* degli oggetti del sotto-tipo contiene anche le variabili di istanza definite nell'implementazione del super-tipo
  - alcuni metodi possono essere ereditati
  - di altri il sotto-tipo può definire una nuova implementazione

# Gerarchia di tipi in Java

---

- Attraverso l'ereditarietà
  - una classe può essere sotto-classe di un'altra (la sua super-classe) e implementare zero o più interfacce
- Il super-tipo (**classe o interfaccia**) fornisce in ogni caso la specifica del tipo
  - le interfacce fanno solo questo
  - le classi possono anche fornire parte dell'implementazione



# Gerarchia di tipi in Java

---

- I super-tipi sono definiti da: **classi o interfacce**
- Le **classi possono essere**
  - **astratte (forniscono un'implementazione parziale del tipo)**
    - ✓ non hanno oggetti
    - ✓ il codice esterno non può chiamare i loro costruttori
    - ✓ possono avere metodi astratti la cui implementazione è lasciata a qualche sotto-classe
  - **concrete (forniscono un'implementazione piena del tipo)**
- Le **classi astratte e concrete** possono contenere **metodi finali**
  - non possono essere reimplementati da sotto-classi

# Interfacce in Java

---

- Le **interfacce** definiscono solo il tipo (**specifica**) e non implementano nulla
  - contengono solo (le specifiche di) metodi
    - ✓ pubblici
    - ✓ non statici
    - ✓ astratti

# Gerarchia di tipi in Java



- Una **sotto-classe** dichiara la **super-classe** che **estende** (e/o le **interfacce che implementa**)
  - ha tutti i metodi della **super-classe** con gli stessi nomi e signature
  - può implementare i metodi astratti e reimplementare gli altri (purché non final)
  - qualunque metodo **sovrascritto** deve avere signature identica a quella della super-classe
    - ma i metodi della sotto-classe possono sollevare meno eccezioni
- La **rappresentazione** di un oggetto di una **sotto-classe** consiste delle variabili di istanza proprie e di quelle della **super-classe**
  - **quelle della super-classe non possono essere accedute direttamente se sono (come dovrebbero essere) dichiarate private**

# Gerarchia di tipi in Java

---

- La super-classe può lasciare parti della sua implementazione accessibili alle sotto-classi
  - dichiarando metodi e variabili **protected**
    - ✓ implementazioni delle sotto-classi più efficienti
    - ✓ si perde l'astrazione completa, che dovrebbe consentire di reimplementare la super-classe senza influenzare l'implementazione delle sotto-classi
    - ✓ le entità **protected** sono visibili anche all'interno dell'eventuale package che contiene la super-classe
- Meglio interagire con le super-classi attraverso le loro interfacce pubbliche (costruttori e metodi)



## ESEMPIO: gerarchia con una classe concreta

---

- In cima alla gerarchia si trova una variante di **IntSet**
  - la classe è concreta
  - fornisce un insieme di metodi che le sotto-classi possono ereditare, estendere o sovra-scrivere

# Specifica del super-tipo



```
public class IntSet {
//OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile
// di interi di dimensione qualunque. Elemento tipico {x1,..., xn}
public IntSet( ) {
    //EFFECTS: inizializza this all'insieme vuoto }
public void insert(int x) {
    //EFFECTS: aggiunge x a this}
public void remove(int x) {
    //EFFECTS: toglie x da this}
public boolean isIn(int x) {
    // EFFECTS: se x appartiene a this ritorna
    // true, altrimenti false}
public int size(){
    //EFFECTS: ritorna la cardinalità di this}
public boolean subset (IntSet s)
    // EFFECTS: se this e' un sottoinsieme di s
    // ritorna true, altrimenti false
```

# Implementazione del super-tipo (1)

```
public class IntSet {  
    //OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile di interi di  
        dimensione qualunque. Elemento tipico {x1,..., xn}  
    private Vector els; // la rappresentazione privata  
    public IntSet( ) {  
        // EFFECTS: inizializza this all'insieme vuoto  
        els = new Vector( );  
    }  
}
```

```
private int getIndex(Integer x) {  
    //EFFECTS: se x occorre in this ritorna la  
        //posizione in cui si trova, altrimenti -1  
    for (int i = 0; i < els.size( ); i++)  
        if (x.equals(els.get(i))) return i;  
    return -1; }  
}
```

```
public boolean isIn(int x) {  
    // EFFECTS: se x appartiene a this ritorna  
        // true, altrimenti false  
    return (getIndex(new Integer(x)) >= 0); }  
}
```

## Implementazione del super-tipo (2)

---

```
public void insert(int x) {
    // EFFECTS: aggiunge x a this
    Integer y = new Integer(x);
    if (getIndex(y) < 0) els.add(y); }

public void remove(int x) {
    //EFFECTS: toglie x da this
    int i = getIndex(new Integer(x));
    if (i < 0) return;
    els.set(i, els.lastElement( ));
    els.remove(els.size( ) - 1);
}
```

# Implementazione del super-tipo (3)

---

```
public class IntSet {
//OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile di interi di
// dimensione qualunque. Elemento tipico {x1,..., xn}
private Vector els; // la rappresentazione

public boolean subset (IntSet s)
    // EFFECTS: se this e' un sottoinsieme di s
    // ritorna true, altrimenti false

    if (s == null) return false;
    for (int i = 0; i < els.size( ); i++)
        if (!s.isIn(((Integer) els.get(i)).intValue()))
            return false;
    return true;
}
}
```

# Un sotto-tipo: **MaxIntSet**

---

- Si comporta come **IntSet**
  - ma ha un metodo nuovo **max**, che ritorna l'elemento massimo nell'insieme
  - la specifica di **MaxIntSet** definisce solo quel che c'è di nuovo
    - ✓ il costruttore e il metodo **max**
    - ✓ tutto il resto della specifica viene ereditato da **IntSet**

# Specifica del sotto-tipo

---

```
public class MaxIntSet extends IntSet {  
    // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sotto-tipo di IntSet che  
    // lo estende con il metodo max  
    public MaxIntSet( )  
        // EFFECTS: inizializza this al MaxIntSet vuoto  
    public int max( ) throws EmptyException  
        // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException,  
        // altrimenti ritorna l'elemento massimo in this  
}
```

- la specifica di **MaxIntSet** definisce solo quel che c'è di nuovo
  - ✓ il costruttore
  - ✓ il metodo **max** tutto il resto della specifica viene ereditato da **IntSet**



# Implementazione del sotto-tipo

---

- Per evitare di generare ogni volta tutti gli elementi dell'insieme, memorizziamo in una **variabile di istanza** di **MaxIntSet** il valore massimo corrente
  - oltre ad implementare **max** dobbiamo reimplementare **insert** e **remove** per tenere aggiornato il valore massimo corrente
  - sono i soli metodi per cui c'è **overriding**
  - tutti gli altri vengono ereditati da **IntSet**

**La rappresentazione della supertipo e' private !!!!**

# Implementazione del sotto-tipo 1

---

```
public class MaxIntSet extends IntSet {  
    //OVERVIEW: un MaxIntSet è un sotto-tipo di IntSet che  
    // lo estende con il metodo max  
  
    private int mass;  
  
    public MaxIntSet( )  
        // EFFECTS: inizializza this al MaxIntSet vuoto  
    super( ); }  
}
```

- Chiamata esplicita del costruttore del super-tipo
- Nient'altro da fare
  - perché mass non ha valore quando els è vuoto

# Implementazione del sotto-tipo 2

---

```
public class MaxIntSet extends IntSet {  
    //OVERVIEW: un MaxIntSet è un sotto-tipo di IntSet che  
    // lo estende con il metodo max  
  
    private int mass;  
  
    ...  
    public int max( ) throws EmptyException  
        // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException,  
        // altrimenti ritorna l'elemento massimo in this  
  
    if (size( ) == 0) throw  
        new EmptyException("MaxIntSet.max");  
    return mass;  
}
```

- Usa un metodo ereditato dal super-tipo (**size**)

# Implementazione del sotto-tipo 3

---

```
public class MaxIntSet extends IntSet {  
    //OVERVIEW: un MaxIntSet è un sotto-tipo di IntSet che  
    // lo estende con il metodo max  
  
    private int mass;  
    ...  
  
    ...  
    public void insert (int x) {  
        if (size( ) == 0 || x > mass) mass = x;  
        super.insert(x);  
    }  
}
```

- Chiama il metodo **insert** del super-tipo
  - attraverso il prefisso **super**

# Implementazione del sotto-tipo 4

---

```
public class MaxIntSet extends IntSet {  
  //OVERVIEW: un MaxIntSet è un sotto-tipo di IntSet che  
  // lo estende con il metodo max  
  
  private int mass;  
  ...  
  
  public void remove(int x) { ... }
```

- Problema: come possiamo riscrivere remove se non abbiamo accesso agli elementi del super-tipo? Ovvero **alla rappresentazione (els)**
- Lo discutiamo dopo!!

# AF di una sottoclasse

- Definita in termini di quella del super-tipo, nome della classe come indice per distinguerle
- **Funzione di astrazione** per **MaxIntSet**

$$AF_{\text{MaxIntSet}}(c) = AF_{\text{IntSet}}(c)$$

- La funzione di astrazione è la stessa di **IntSet**: produce lo stesso insieme di elementi dalla stessa **rappresentazione (els)**
  - il valore della variabile **mass** non ha influenza sull'astrazione

# IR di una sottoclasse

---

- Invariante di rappresentazione per **MaxIntSet**

```
IMaxIntSet(c) = c.size() > 0 ==>  
    (c.mass appartiene a AFIntSet(c) &&  
    per tutti gli x in AFIntSet(c), x <= c.mass)
```

- L'invariante non include (e dunque non utilizza) l'invariante di **IntSet** perché tocca all'implementazione di **IntSet** preservarlo
  - le operazioni di **MaxIntSet** non possono interferire perché operano sulla IR del super-tipo solo attraverso i metodi pubblici
- Usa la funzione di astrazione del super-tipo

## E se il super-tipo **espone la rappresentazione**?

---

- Il problema della **remove** si potrebbe risolvere facendo vedere alla sotto-classe la **rappresentazione della super-classe**
  - dichiarando il vettore **els protected** nell'implementazione di **IntSet**
- In questo caso caso, l'invariante di rappresentazione di **MaxIntSet** deve includere quello di **IntSet**
  - perché l'implementazione di **MaxIntSet** potrebbe violarlo

**I**MaxIntSet(c) = **I**<sub>IntSet</sub>(c) && c.size() > 0 ==>  
(c.mass appartiene a **AF**<sub>IntSet</sub>(c) &&  
per tutti gli x in **AF**<sub>IntSet</sub>(c), x <= c.mass)

**Completare l'esercizio!!!**

# Classi astratte come super-tipi

---

- Implementazione parziale di un tipo
- Possono avere variabili di istanza e uno o più costruttori
- Non hanno oggetti
- I costruttori possono essere chiamati solo dalle sotto-classi per inizializzare la parte di rappresentazione della super-classe
- Possono contenere metodi astratti (senza implementazione)
- Possono contenere metodi regolari (implementati) usando anche i metodi astratti

# Classi astratte come super-tipi

---

- Implementazione parziale di un tipo
  - ✓ la parte generica dell'implementazione è fornita dalla super-classe astratta
  - ✓ le sotto-classi forniscono i dettagli
- Questa evita di implementare più volte i metodi quando la classe abbia più sotto-classi e permette di dimostrare più facilmente la correttezza

# Di nuovo **IntSet**

---

- Vogliamo definire (come sotto-tipo di **IntSet**) il tipo **SortedIntSet**
  - un nuovo metodo **subset** (*overloaded*) per ottenere una implementazione più efficiente quando l'argomento è di tipo **SortedIntSet**
- Vediamo la specifica di **SortedIntSet**
- Può convenire che **IntSet** sia astratta!!!!

# Specifica del sotto-tipo

---

```
public class SortedIntSet extends IntSet {
    // OVERVIEW: un SortedIntSet e' un sotto-tipo di IntSet
    // che lo estende con i metodi max e subset e in cui
    // gli elementi sono accessibili in modo ordinato
    public SortedIntSet( )
        // EFFECTS:: inizializza this all'insieme vuoto
    public int max( ) throws EmptyException
        // EFFECTS: se this e' vuoto solleva EmptyException,
        // altrimenti ritorna l'elemento massimo in this
    public boolean subset(SortedIntSet s)
        // EFFECTS: se this e' un sottoinsieme di s
        // ritorna true, altrimenti false
}
```

- La rappresentazione degli oggetti di tipo **SortedIntSet** potrebbe utilizzare una **lista ordinata**
  - non serve più a nulla la variabile di istanza ereditata da **IntSet**
  - il vettore `els` andrebbe eliminato da **IntSet**
  - senza `els`, **IntSet** non può avere oggetti e quindi deve essere astratta

# IntSet come classe astratta

---

- Specifiche uguali a quelle già viste
- Dato che la parte importante della rappresentazione (gli elementi dell'insieme) non è definita qui, sono astratti i metodi **insert** e **remove**
- **isIn**, **subset** e **toString** sono implementati in termini del metodo astratto **elements**
- Teniamo traccia nella super-classe della dimensione con una variabile intera **dim**
  - che è ragionevole sia visibile dalle sotto-classi (**protected**)
  - la super-classe non può nemmeno garantire le proprietà di **dim**
- Non c'è funzione di rappresentazione
  - tipico delle classi astratte, perché la vera implementazione è fatta nelle sotto-classi

# IntSet come classe astratta

---

```
public abstract class IntSet{
    protected int dim; // la dimensione

    // costruttore
    public IntSet( ) { dim = 0; }

    // metodi astratti
    public abstract void insert(int x);
    public abstract void remove(int x);
    public abstract boolean chekRep( );
    public abstract Vector<Integer> elements( );

    // metodi concreti
    public int size( ) { return dim; }
    // implementazioni di subset e toString e isIn
}
```

# SortedIntSet

---

```
public class SortedIntSet extends IntSet {  
  
    private OrderedIntList els; // la rappresentazione  
  
    //costruttore  
    public SortedIntSet ( ) { els = new OrderedIntList(); }  
  
    // metodi  
    public int max( ) throws EmptyException {  
        if (dim == 0) throw new  
            EmptyException("SortedIntSet.max");  
        return els.max( );  
    }  
  
    // implementazione di insert, remove e repOk, elements  
}
```

- Si assume esistano per OrderedIntList anche size e max



# SortedIntSet

---

```
public class SortedIntSet extends IntSet {  
    private OrderedIntList els; // la rappresentazione  
  
    public boolean subset(IntSet s) {  
        try { return subset((SortedIntSet) s); }  
        catch (ClassCastException e) { return super.subset(s); }  
    }  
    public boolean subset(SortedIntSet s)  
        // qui si approfitta del fatto che  
        //sono ordinati in modo crescente  
}
```

# Funzione di Astrazione ed IR

---

```
public class SortedIntSet extends IntSet
```

```
private OrderedIntList els; //la rappresentazione
```

la funzione di astrazione:

```
a(c) = {c.els[1] , . . . , c.els[c.dim]}
```

l'invariante di rappresentazione:

```
I(c) = c.els != null &&  
      c.dim =c.els.size()
```

# Esercizio per casa

---

- » Completare l'esempio appena visto
  - » Completare la definizione dell'implementazione della classe astratta **IntSet**
  - » Dare specifica e implementazione (tramite un **Vector**) della classe concreta **MyIntSet**
  - » Quando **elements** un sarà un generatore allora potremmo visitare gli elementi di **IntSet** senza esporre la rappresentazione
  - » Questi esempi risulteranno più chiari!!!!
-

# Gerarchie di classi astratte

---

- Anche le **sotto-classi** possono essere astratte
- Possono continuare a elencare come astratti alcuni dei metodi astratti della super-classe
- Possono introdurre nuovi metodi astratti

# Ereditarietà multipla

---

- Una classe può estendere soltanto una classe
- Ma può implementare una o più interfacce
- Si riesce così a realizzare una forma di ereditarietà multipla
  - nel senso di super-tipi multipli
  - anche se niente di implementato è ereditato dalle interfacce