Lezione XXV
Lu 19-Nov-2007

Ereditarietà

L'ereditarietà

- L'***ereditarietà*** è uno dei principi basilari della programmazione orientata agli oggetti
  - insieme all'***incapsulamento*** e al ***polimorfismo***
- L'ereditarietà è il paradigma che consente il ***riutilizzo del codice***
  - si usa quando si deve realizzare una classe ed è già disponibile un'altra classe che rappresenta ***un concetto più generale***

L'ereditarietà

- Supponiamo di voler realizzare una classe **SavingsAccount** per rappresentare un ***conto bancario di risparmio***, con un tasso di interesse annuo determinato al momento dell'apertura e un metodo **addInterest()** per accreditare gli interessi sul conto
  - un ***conto bancario di risparmio*** ha ***tutte le stesse*** caratteristiche di un ***conto bancario***, ***più alcune altre*** caratteristiche che gli sono peculiari
  - riutilizziamo il codice già scritto per la classe **BankAccount**

BankAccount

```
public class BankAccount
{   public BankAccount()
    {   balance = 0;
    }
    public void deposit(double amount)
    {   balance = balance + amount;
    }
    public void withdraw(double amount)
    {   balance = balance - amount;
    }
    public double getBalance()
    {   return balance;
    }
    private double balance;
}
```

SavingsAccount

```
public class SavingsAccount
{  public SavingsAccount(double rate)
   {  balance = 0;
      interestRate = rate;
   }
   public void addInterest()
   {  deposit(getBalance() * interestRate / 100);
   }
   private double interestRate;
   public void deposit(double amount)
   {  balance = balance + amount;
   }
   public void withdraw(double amount)
   {  balance = balance - amount;
   }
   public double getBalance()
   {  return balance;
   }
   private double balance;
}
```

Riutilizzo del codice

- Come avevamo previsto, buona parte del codice scritto per **BankAccount** ha potuto essere ***copiato*** nella definizione della classe **SavingsAccount**
  - abbiamo aggiunto una variabile di esemplare
    - **interestRate**
  - abbiamo modificato il costruttore
    - ***ovviamente il costruttore ha anche cambiato nome***
  - abbiamo aggiunto un metodo
    - **addInterest()**

Riutilizzo del codice

- Copiare il codice è già un risparmio di tempo, però non è sufficiente
- Cosa succede se modifichiamo **BankAccount**?
  - ad esempio, modifichiamo **withdraw()** in modo da impedire che il saldo diventi negativo
  - Dobbiamo modificare di conseguenza anche **SavingsAccount**
    - molto scomodo…
    - fonte di errori…
- Cosa succede se non abbiamo a disposizione il codice sorgente, ma solo il bytecode?
  - non possiamo copiare la classe BankAccount...
  - e quindi la riscrittura di SavingsAccount deve essere completa ....
- L'**ereditarietà** risolve questi problemi

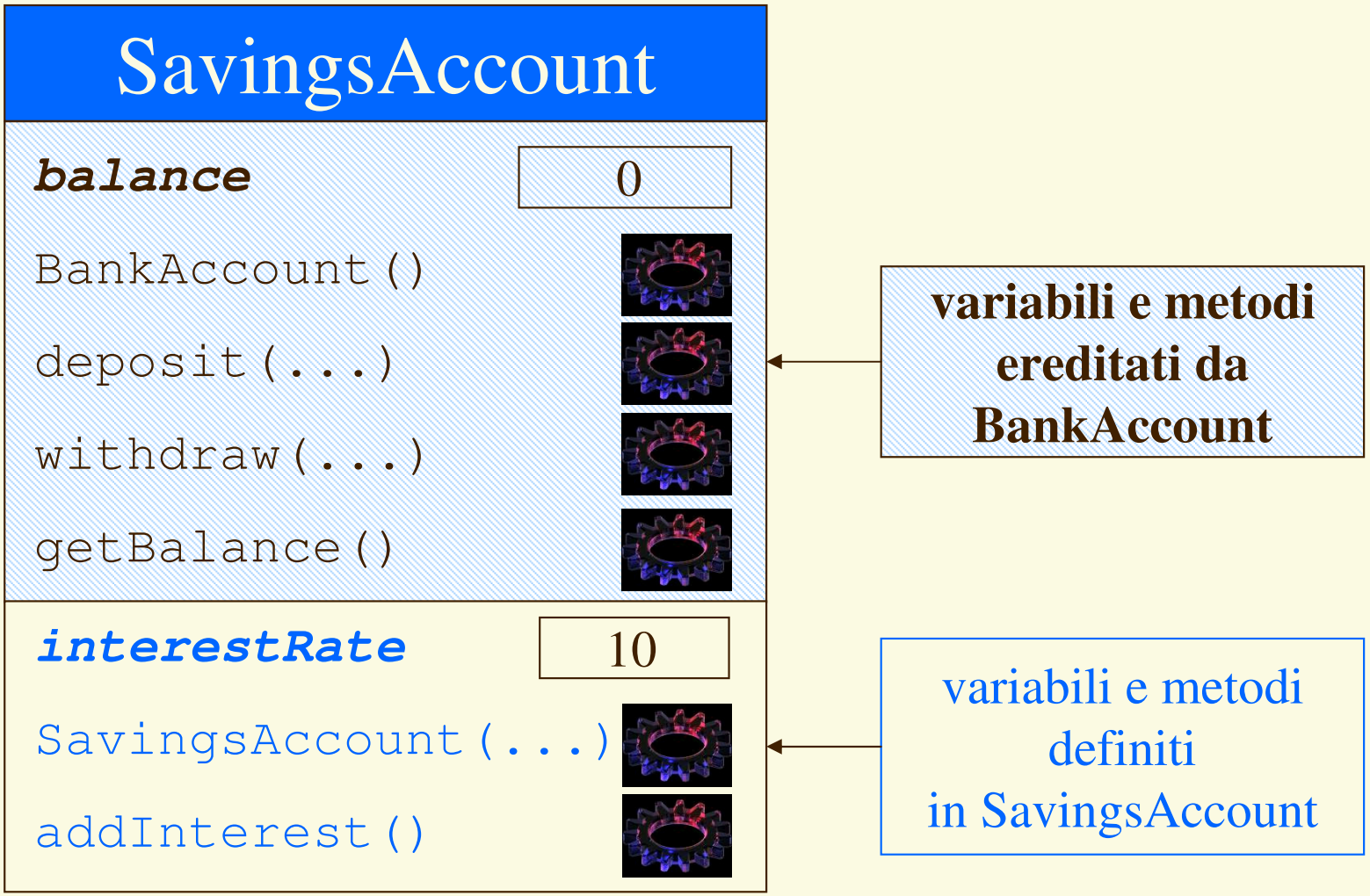
SavingsAccount

```
public class SavingsAccount extends BankAccount
{   public SavingsAccount(double rate)
    { interestRate = rate;
    }
    public void addInterest()
    { deposit(getBalance() * interestRate / 100);
    }
    private double interestRate;
}
```

- Dichiariamo che **SavingsAccount** è una classe ***derivata*** da **BankAccount** (**extends**)
  - ne eredita tutte le caratteristiche
    - Variabili di esemplare
    - Variabili statiche
    - Metodi pubblici e privati
  - specifichiamo soltanto le peculiarità

SavingsAccount

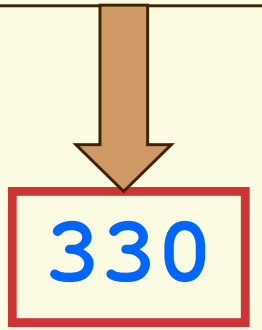
```
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
```



Come usare la classe derivata

- Oggetti della classe derivata **SavingsAccount** si usano come se fossero oggetti di **BankAccount**, con ***qualche proprietà in più***

```
SavingsAccount acct = new SavingsAccount(10);
acct.deposit(500);
acct.withdraw(200);
acct.addInterest();
System.out.println(acct.getBalance());
```

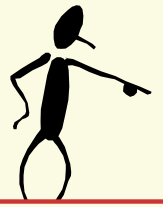


- La classe derivata si chiama
  - ***sottoclasse***
- La classe da cui si deriva si chiama
  - ***superclasse***

La superclasse universale Object

- In Java, ogni classe che non deriva da nessun'altra deriva ***implicitamente*** dalla ***superclasse universale del linguaggio***, che si chiama **Object**
- Quindi, **SavingsAccount** deriva da **BankAccount**, che a sua volta deriva da **Object**
- **Object** ha alcuni metodi, che vedremo più avanti (tra cui **toString**()), che quindi sono ereditati da tutte le classi in Java
  - l'ereditarietà avviene anche su più livelli, quindi **SavingsAccount** eredita anche le proprietà di **Object**

Ereditarietà

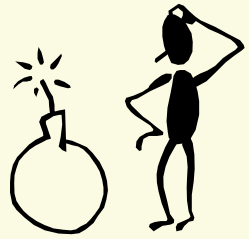


- Sintassi:

```
class NomeSottoclasse
    extends NomeSuperclasse
{   costruttori
    nuovi metodi
    nuove variabili
}
```

- Scopo: definire la classe *NomeSottoclasse* che deriva dalla classe *NomeSuperclasse*, definendo *nuovi metodi* e/o *nuove variabili*, oltre ai suoi *costruttori*
- Nota: se la superclasse non è indicata esplicitamente, il compilatore usa implicitamente **java.lang.Object**

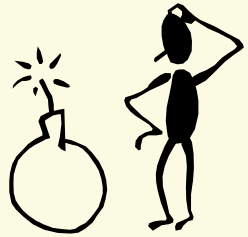
Confondere superclassi e sottoclassi



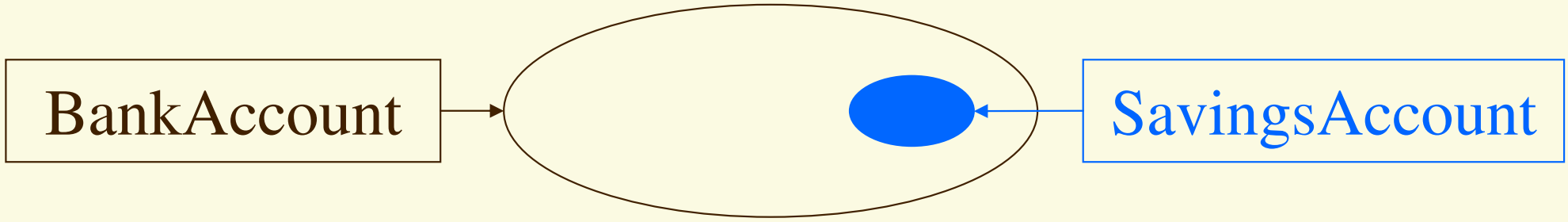
- Dato che oggetti di tipo **SavingsAccount** sono
  - un'***estensione*** di oggetti di tipo **BankAccount**
  - più "grandi" di oggetti di tipo **BankAccount**, perché hanno una variabile di esemplare in più
  - più "abili" di oggetti di tipo **BankAccount**, perché hanno un metodo in più

  perché mai **SavingsAccount** si chiama ***sottoclasse*** e non ***superclasse***?
  - è facile fare confusione
  - verrebbe forse spontaneo usare i nomi al contrario...

Confondere superclassi e sottoclassi

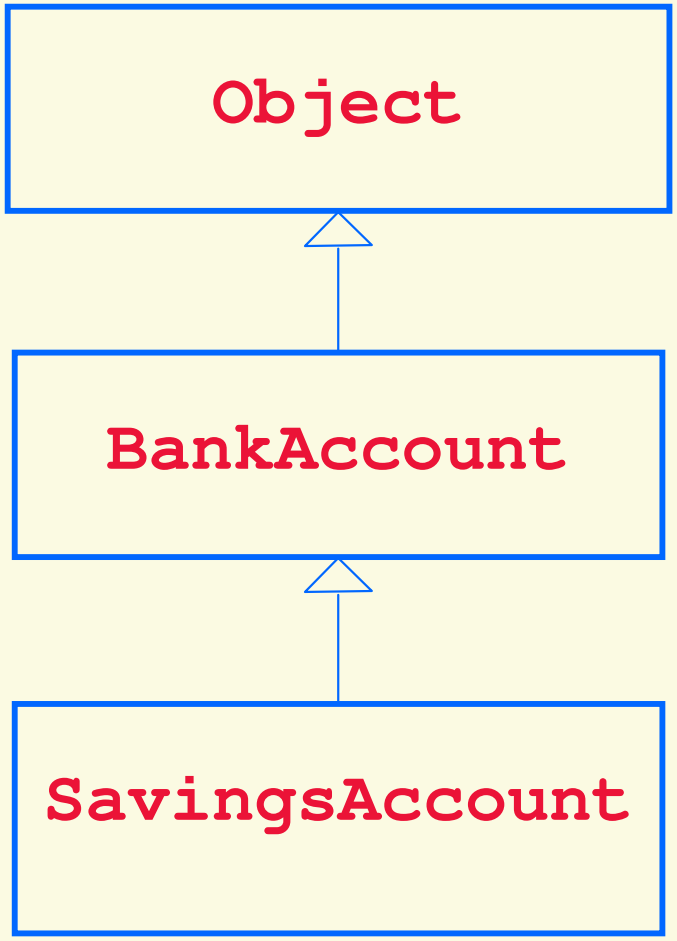


- I termini superclasse e sottoclasse derivano dalla ***teoria degli insiemi***
- I conti bancari di risparmio (gli oggetti di tipo **SavingsAccount**) costituiscono un ***sottoinsieme*** dell'insieme di tutti i conti bancari (gli oggetti di tipo **BankAccount**)



Rappresentazione UML diagramma di classe

- Unified Modeling Language: notazione per l'analisi e la progettazione orientata agli oggetti
  - Una classe è rappresentata con un rettangolo contenente il nome della classe
  - Il rapporto di ereditarietà fra classi è indicato con un segmento terminante con una freccia
  - La freccia a triangolo vuoto punta alla superclasse



Ereditare metodi

Metodi di una sottoclasse

- Quando si definisce una sottoclasse, per quanto riguarda i suoi metodi possono succedere tre cose
  - nella sottoclasse viene definito un metodo che nella superclasse non esiste: **addInterest**()
  - un metodo della superclasse viene ereditato dalla sottoclasse (**deposit**, **withdraw**(), **getBalance**())
  - ***un metodo della superclasse viene sovrascritto nella sottoclasse***

Sovrascrivere un metodo

- La possibilità di ***sovrascrivere*** (***override***) un metodo della superclasse, modificandone il comportamento quando è usato per la sottoclasse, è una delle caratteristiche più potenti di OOP
- Per sovrascrivere un metodo bisogna definire nella sottoclasse un metodo ***con la stessa intestazione*** di quello definito nella superclasse
  - tale metodo ***prevale*** (***overrides***) su quello della superclasse quando viene invocato con un oggetto della sottoclasse

Sovrascrivere un metodo: Esempio

- Vogliamo modificare la classe **SavingsAccount** in modo che ogni operazione di versamento abbia un costo (fisso) **FEE**, che viene automaticamente addebitato sul conto

```
public class SavingsAccount extends
BankAccount
{   ...
    private final static double FEE = 2.58;
    // euro
}
```

- I versamenti nei conti di tipo **SavingsAccount** si fanno però invocando il metodo **deposit()** di **BankAccount**, sul quale non abbiamo controllo

Sovrascrivere un metodo: Esempio

- Possiamo però ***sovrascrivere*** **deposit()**, ***ridefinendolo*** in **SavingsAccount**

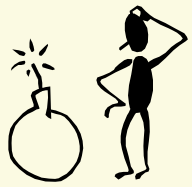
```
public class SavingsAccount
    extends BankAccount
{   ...
    public void deposit(double amount)
    {   withdraw(FEE);
        ... // aggiungi amount a balance
    }
}
```

- In questo modo, quando viene invocato **deposit()** con un oggetto di tipo **SavingsAccount**, viene effettivamente invocato il metodo **deposit** definito nella classe **SavingsAccount** e non quello definito in **BankAccount**
  - ***nulla cambia*** per oggetti di tipo **BankAccount**, ovviamente

Sovrascrivere un metodo: Esempio

- Proviamo a completare il metodo
  - dobbiamo versare **amount** nel conto, cioè sommarlo a **balance**
  - non possiamo modificare direttamente **balance**, che è una variabile privata in **BankAccount**
  - sappiamo anche che l'unico modo per aggiungere una somma di denaro a **balance** è l'invocazione del metodo **deposit()**

```
public class SavingsAccount extends
   BankAccount
{  ...
   public void deposit(double amount)
   {  withdraw(FEE);
      deposit(amount); // NON FUNZIONA
   }
}
```



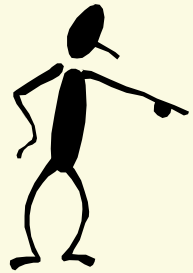
- Così però non funziona, perché il metodo diventa ricorsivo con ricorsione infinita!!! (manca il caso base…)

Sovrascrivere un metodo: Esempio

- Ciò che dobbiamo fare è ***invocare il metodo* deposit() *di* BankAccount**
- Questo si può fare usando il riferimento implicito **super**, gestito automaticamente dal compilatore per accedere agli elementi ereditati dalla superclasse

```
public class SavingsAccount extends BankAccount
{   ...
    public void deposit(double amount)
    {   withdraw(FEE);
        // invoca deposit della superclasse
        super.deposit(amount);
    }
}
```

Invocare un metodo della superclasse



- Sintassi:

```
super.nomeMetodo(parametri)
```

- Scopo: invocare il metodo ***nomeMetodo*** della superclasse anziché il metodo con lo stesso nome (sovrascritto) della classe corrente

Sovrascrivere il metodo toString()

Sovrascrivere il metodo toString()

- Abbiamo già visto che la classe **Object** è la superclasse universale, cioè tutte le classi definite in Java ne ereditano implicitamente i metodi, tra i quali

```
public String toString()
```

- L'invocazione di questo metodo per qualsiasi oggetto ne restituisce la cosiddetta ***descrizione testuale standard*** `BankAccount@111f71`
  - ***il nome della classe*** seguito dal carattere @ e dall'***indirizzo dell'oggetto in memoria***

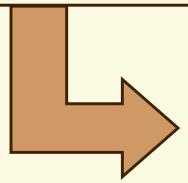
Sovrascrivere il metodo toString()

- Il fatto che tutte le classi siano derivate (anche indirettamente) da **Object** e che **Object** definisca il metodo **toString()** consente il funzionamento del metodo **println()** di **PrintStream**
  - passando un oggetto di qualsiasi tipo a **System.out.println()** si ottiene la visualizzazione della descrizione testuale standard dell'oggetto
  - come funziona **println()**?
    - **println()** invoca semplicemente **toString()** dell'oggetto, e l'invocazione è possibile perché tutte le classi hanno il metodo **toString()**, eventualmente ereditato da **Object**

Sovrascrivere il metodo toString()

- Se tutte le classi hanno già il metodo **toString()**, ereditandolo da **Object**, perché lo dovremmo sovrascrivere, ridefinendolo?

```
BankAccount account = new BankAccount();
System.out.println(account);
```



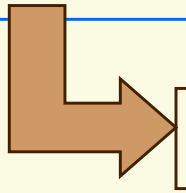
```
BankAccount@111f71
```

- Perché in generale la descrizione testuale standard non è particolarmente utile

Sovrascrivere il metodo toString()

- Sarebbe molto più comodo, ad esempio per verificare il corretto funzionamento del programma, ottenere una descrizione testuale di **BankAccount** contenente il valore del saldo
  - questa funzionalità non può essere svolta dal metodo **toString()** di **Object**, perché chi ha definito **Object** nella libreria standard non aveva alcuna conoscenza della struttura di **BankAccount**
- Bisogna sovrascrivere **toString()** in **BankAccount**

```
public String toString()
{   return "BankAccount[balance=" + balance + "]";
}
```



```
BankAccount[balance=1500]
```

Sovrascrivere il metodo toString()

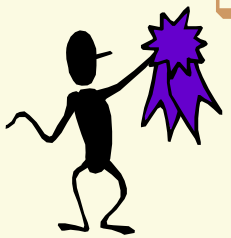
- Il metodo **toString()** di una classe viene invocato implicitamente anche quando si concatena un oggetto della classe con una stringa

```
BankAccount acct = new BankAccount();
String s = "Conto " + acct;
```

- Questa concatenazione è sintatticamente corretta, come avevamo già visto per i tipi di dati numerici, e viene interpretata dal compilatore come se fosse stata scritta così

```
BankAccount acct = new BankAccount();
String s = "Conto " + acct.toString();
```

Sovrascrivere sempre toString()



- Sovrascrivere il metodo **toString()** in tutte le classi che si definiscono è considerato un ottimo stile di programmazione
- Il metodo **toString()** di una classe dovrebbe produrre una stringa contenente tutte le informazioni di stato dell'oggetto, cioè
  - il valore di tutte le sue variabili di esemplare
  - il valore di eventuali variabili statiche non costanti della classe
- Questo stile di programmazione è molto utile per il debugging ed è usato nella libreria standard

Costruzione della sottoclasse

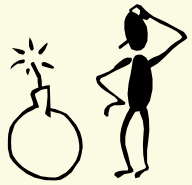
Costruzione della sottoclasse

```
public class SavingsAccount extends BankAccount
{  public SavingsAccount(double rate)
   {  interestRate = rate;
   }
   public void addInterest()
   { deposit(getBalance() * interestRate / 100);
   }
   private double interestRate;
}
```

- Proviamo a definire un secondo costruttore in **SavingsAccount**, per ***aprire un conto corrente di risparmio con saldo iniziale diverso da zero***
  - analogamente a **BankAccount**, che ha due costruttori

Costruzione della sottoclasse

```
public class SavingsAccount extends BankAccount
{   public SavingsAccount(double rate)
    {   interestRate = rate;
    }
    public SavingsAccount(double rate,
                          double initialAmount)
    {   interestRate = rate;
        balance = initialAmount; // NON FUNZIONA
    }
    ...
}
```



- Sappiamo già che questo approccio non può funzionare, perché **balance** è una variabile **private** di **BankAccount**

Costruzione della sottoclasse

```
public SavingsAccount(double rate,
                      double initialAmount)
{   interestRate = rate;
    deposit(initialAmount); // POCO ELEGANTE
}
```

- Si potrebbe risolvere il problema simulando un primo versamento, invocando **deposit()**
- Questo è lecito, ma non è una soluzione molto buona, perché introduce potenziali effetti collaterali
  - ad esempio, le operazioni di versamento potrebbero avere un costo, dedotto automaticamente dal saldo, mentre il versamento di "apertura conto" potrebbe essere gratuito

Costruzione della sottoclasse

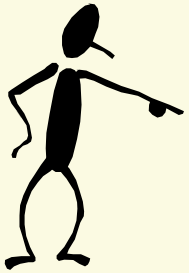
- Dato che la variabile **balance** è gestita dalla classe **BankAccount**, bisogna ***delegare*** a tale classe il compito di inizializzarla
- La classe **BankAccount** ha già un costruttore creato appositamente per gestire l'apertura di un conto con saldo diverso da zero
  - invochiamo tale costruttore dall'interno del costruttore di **SavingsAccount**, usando la sintassi **super(...)**

```
public SavingsAccount(double rate,
                      double initialAmount)
{   super(initialAmount);
    interestRate = rate;
}
```

Costruzione della sottoclasse

- In realtà, un'invocazione di **super()** viene sempre eseguita quando la JVM costruisce una sottoclasse
  - se la chiamata a **super(…)** non è indicata esplicitamente dal programmatore, il compilatore inserisce automaticamente l'invocazione di **super( )** ***senza parametri***
    - questo avviene, ad esempio, nel caso del primo costruttore di **SavingsAccount**
- L'invocazione ***esplicita*** di **super(…)**, se presente, ***deve essere il primo enunciato del costruttore***

Invocare un costruttore di superclasse



- Sintassi:

```
NomeSottoclasse(parametri)
{   super(eventualiParametri);
    ...
}
```

- Scopo: invocare il costruttore della superclasse di ***NomeSottoclasse*** passando ***eventualiParametri*** (che possono essere anche diversi dai ***parametri*** del costruttore della sottoclasse)
- Nota: deve essere il primo enunciato del costruttore
- Nota: se non è indicato esplicitamente, viene invocato implicitamente **super( )** senza parametri

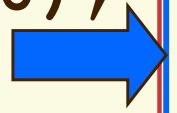
Conversione fra riferimenti

BankAccount: transferTo()

- Aggiungiamo un metodo a **BankAccount**

```
public class BankAccount
{   ...
    public void transferTo(BankAccount other,
                           double amount)
    {   withdraw(amount); // this.withdraw(...)
        other.deposit(amount);
    }
}
```

```
BankAccount acct1 = new BankAccount(500);
BankAccount acct2 = new BankAccount();
acct1.transferTo(acct2, 200);
System.out.println(acct1.getBalance());
System.out.println(acct2.getBalance());
```

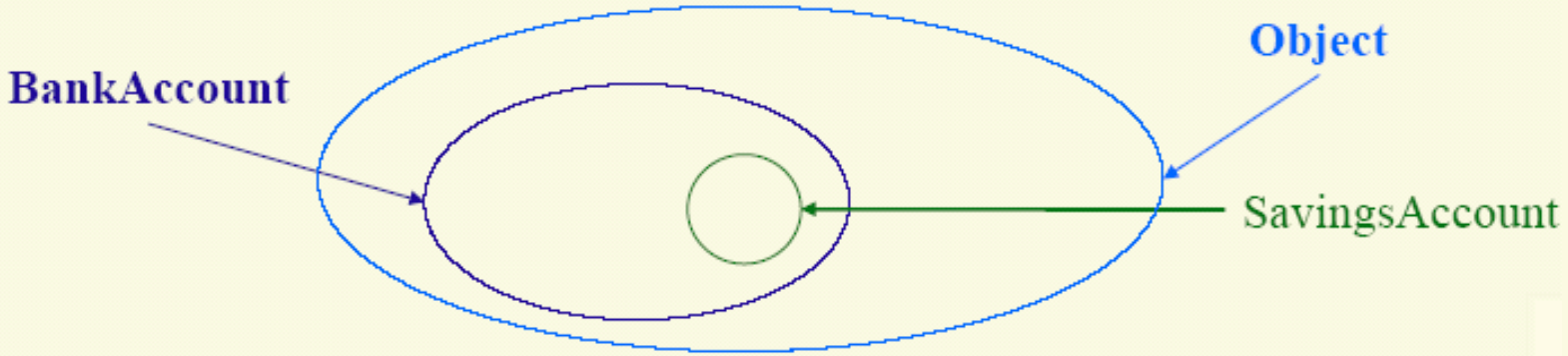


```
300
200
```

Conversione fra riferimenti

- Un oggetto di tipo **SavingsAccount** è un ***caso speciale*** di oggetti di tipo **BankAccount**
- Questa proprietà si riflette in una proprietà sintattica
  - ***un riferimento a un oggetto di una classe derivata può essere assegnato a una variabile oggetto del tipo di una sua superclasse***

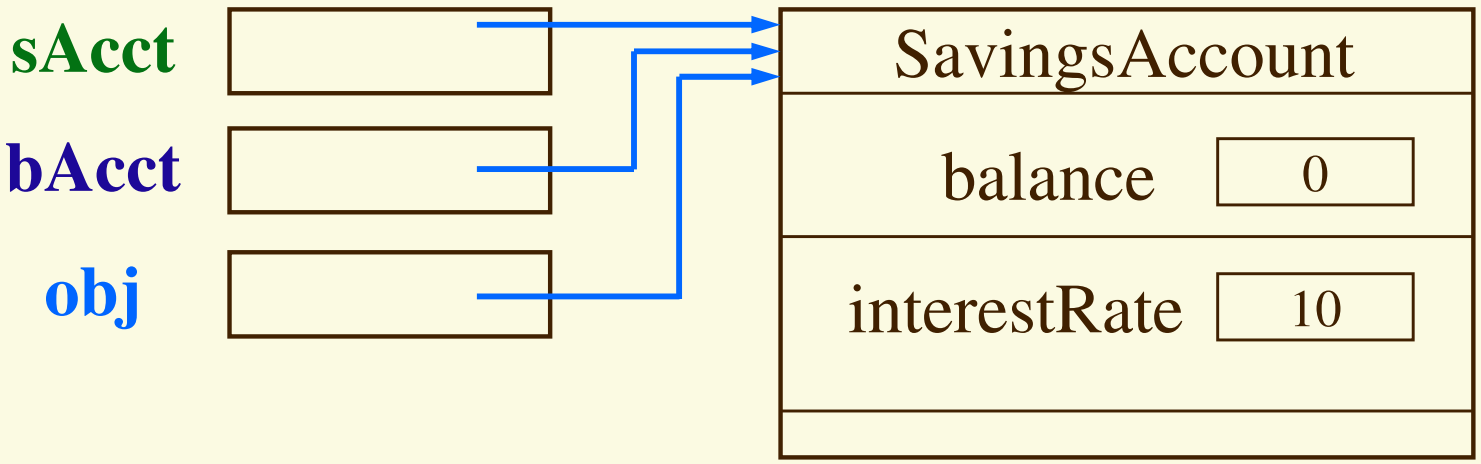
```
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
BankAccount bAcct = sAcct;
Object obj = sAcct;
```



Conversione fra riferimenti

```
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
BankAccount bAcct = sAcct;
Object obj = sAcct;
```

- Le tre variabili, ***di tipi diversi***, puntano ora ***allo stesso oggetto***



Conversione fra riferimenti

```
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
BankAccount bAcct = sAcct;
bAcct.deposit(500); // OK
```

- Tramite la variabile **bAcct** si può usare l'oggetto come se fosse di tipo **BankAccount**, senza però poter accedere alle proprietà specifiche di **SavingsAccount**

```
bAcct.addInterest();
```

```
cannot resolve symbol
symbol  : method addInterest()
location: class BankAccount
        bAcct.addInterest();
              ^
1 error
```

Conversione fra riferimenti

- Quale scopo può avere questo tipo di conversione?
  - per quale motivo vogliamo trattare un oggetto di tipo **SavingsAccount** come se fosse di tipo **BankAccount**?

```
BankAccount other = new BankAccount(1000);
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
BankAccount bAcct = sAcct;
other.transferTo(bAcct, 500);
```

- Il metodo **transferTo()** di **BankAccount** richiede un parametro di tipo **BankAccount** e non conosce (né usa) i metodi specifici di **SavingsAccount**, ma è comodo poterlo usare senza doverlo modificare!

```
public void transferTo(BankAccount other,
                       double amount)

```

Conversione fra riferimenti

- La conversione tra ***riferimento a sottoclasse*** e ***riferimento a superclasse*** può avvenire anche ***implicitamente*** (come tra **int** e **double**)

```
BankAccount other = new BankAccount(1000);
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(10);
other.transferTo(sAcct, 500);
```

- Il compilatore sa che il metodo **transferTo()** richiede un riferimento di tipo **BankAccount**, quindi
  - controlla che **sAcct** sia un riferimento a una classe derivata da **BankAccount**
  - effettua la conversione automaticamente

Lezione XXVI
Ma 20-Nov-2007

Conversione fra riferimenti

Metodi "magici"

- A questo punto siamo in grado di capire come è possibile definire metodi che, come **println()**, sono in grado di ricevere come parametro un oggetto di qualsiasi tipo
  - un riferimento a un oggetto di qualsiasi tipo può sempre essere convertito automaticamente in un riferimento di tipo **Object**

```
public void println(Object obj)
{  println(obj.toString());
}
public void println(String s)
{  ... // questo viene invocato per le
       //stringhe
}
```

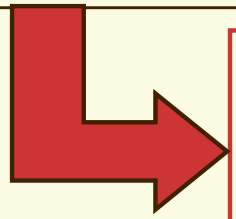
```
public void println(Object obj)
{  println(obj.toString());
}
public void println(String s)
{  ... // questo viene invocato per le
stringhe
}
```

- Ma un esemplare di **String** è anche un esemplare di **Object**…
  - come viene scelto il giusto metodo, tra quelli sovraccarichi, quando si invoca **println()** con una stringa?
  - nella conversione automatica dei riferimenti durante l'invocazione di metodi, il compilatore cerca sempre di "fare il minor numero di conversioni"
  - viene usato, quindi, il metodo "più specifico"

Conversione fra riferimenti

- La conversione inversa non può invece avvenire automaticamente

```
BankAccount bAcct = new BankAccount(1000);
SavingsAccount sAcct = bAcct;
```



```
incompatible types
found   : BankAccount
required:
SavingsAccount
        sAcct = bAcct;
                ^
1 error
```

- *Ma ha senso cercare di effettuare una conversione di questo tipo?*

Conversione fra riferimenti

- La conversione di un riferimento a ***superclasse*** in un riferimento a ***sottoclasse*** ha senso soltanto se, per le specifiche dell'algoritmo, siamo sicuri che il riferimento a ***superclasse*** punta in realtà ad un oggetto della ***sottoclasse***
  - richiede un ***cast*** esplicito

```
SavingsAccount sAcct = new SavingsAccount(1000);
BankAccount bAcct = sAcct;
...
SavingsAccount sAcct2 = (SavingsAccount) bAcct;
// se in fase di esecuzione bAcct non punta
// effettivamente a un oggetto SavingsAccount
// l'interprete lancia ClassCastException
```

Polimorfismo

Polimorfismo

- Sappiamo già che un oggetto di una sottoclasse può essere usato come se fosse un oggetto della superclasse

```
BankAccount acct = new SavingsAccount(10);
acct.deposit(500);
acct.withdraw(200);
```

- Quando si invoca **deposit()**, quale metodo viene invocato?
  - il metodo **deposit()** definito in **BankAccount**?
  - il metodo **deposit()** ***ridefinito*** in **SavingsAccount**?

Polimorfismo

```
BankAccount acct = new SavingsAccount(10);
acct.deposit(500);
```

- Si potrebbe pensare
  - **acct** è una variabile dichiarata di tipo **BankAccount**, quindi viene invocato il metodo **deposit()** di **BankAccount** (cioè non vengono addebitate le spese per l'operazione di versamento…)
- Ma **acct** contiene un riferimento a un oggetto che, ***in realtà***, è di tipo **SavingsAccount**!
  E l'interprete Java lo sa (il compilatore no)
  - secondo la semantica di Java, viene invocato il metodo **deposit()** di **SavingsAccount**

Polimorfismo

- Questa semantica si chiama ***polimorfismo*** ed è caratteristica dei linguaggi OOP

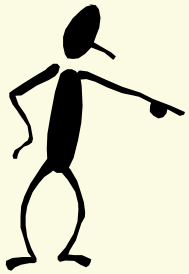
  l'invocazione di un metodo in runtime è sempre determinata dal tipo dell'oggetto effettivamente usato come parametro implicito, e NON dal tipo della variabile oggetto

- Si parla di polimorfismo (dal greco, "molte forme") perché ***si compie la stessa elaborazione*** (**deposit()**) ***in modi diversi***, dipendentemente dall'oggetto usato

Polimorfismo

- Abbiamo già visto una forma di il polimorfismo a proposito dei ***metodi sovraccarichi***
  - l'invocazione del metodo **println()** si traduce in realtà nell'invocazione di un metodo scelto fra alcuni metodi diversi, in relazione al tipo del parametro esplicito
  - ***il compilatore decide quale metodo invocare***
- In questo caso la situazione è molto diversa, perché ***la decisione non può essere presa dal compilatore, ma deve essere presa dall'ambiente runtime (l'interprete)***
  - si parla di ***selezione posticipata*** (***late binding***)
  - ***selezione anticipata*** (***early binding***) nel caso di metodi sovraccarichi

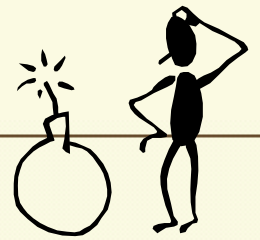
L'operatore instanceof



- Sintassi: `variabileOggetto instanceof NomeClasse`
- Scopo: è un operatore booleano che restituisce **true** se e solo se la ***variabileOggetto*** contiene un riferimento ad un oggetto che è un esemplare della classe ***NomeClasse*** (o di una sua sottoclasse)
  - in tal caso l'assegnamento di ***variabileOggetto*** ad una variabile di tipo ***NomeClasse*** **NON** lancia l'eccezione **ClassCastException**
- Nota: il risultato non dipende dal tipo dichiarato per la ***variabileOggetto***, ma dal tipo dell'oggetto a cui la variabile si riferisce effettivamente al momento dell'esecuzione

Errori tipici con i metodi e con i costruttori

Invocare un metodo di esemplare senza un oggetto



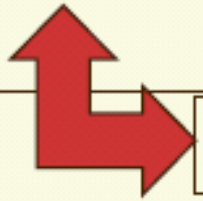
```
public class Program
{   public static void main(String[] args)
    {   BankAccount account = new BankAccount();
        deposit(500); // ERRORE
    }
}
```

- In questo caso il compilatore non è in grado di compilare la classe **Program**, perché non sa a quale oggetto applicare il metodo **deposit**, che non è un metodo statico e quindi richiede un riferimento a un oggetto da usare come parametro implicito

Invocare un metodo di esemplare senza un oggetto

- Ci sono, però, casi in cui è ammesso (ed è ***pratica molto comune***!) invocare metodi non statici senza specificare un riferimento ad oggetto
- Questo accade quando si invoca ***un metodo non statico*** di una classe da ***un altro metodo non statico della stessa classe***
  - viene usato il parametro implicito **this**

```
public void withdraw(double amount)
{   balance = getBalance() - amount;
}
```

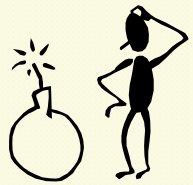


```
this.getBalance()
```

Tentare di ricostruire un oggetto

- A volte viene la tentazione di ***invocare un costruttore su un oggetto già costruito*** con l'obiettivo di ***riportarlo alle condizioni iniziali***

```
BankAccount account = new BankAccount();
account.deposit(500);
account.BankAccount(); // NON FUNZIONA!
```



- Il messaggio d'errore è un po' strano… il compilatore cerca un ***metodo*** **BankAccount**, non un ***costruttore***, e naturalmente non lo trova!

```
cannot resolve symbol
symbol   : method BankAccount ( )
location : class BankAccount
```

Tentare di ricostruire un oggetto

- Un costruttore crea un ***nuovo oggetto*** con prefissate condizioni iniziali
  - un costruttore può essere invocato ***soltanto*** con l'operatore **`new`**
- La soluzione è semplice
  - ***assegnare un nuovo oggetto alla variabile oggetto che contiene l'oggetto che si vuole "ricostruire"***

```
BankAccount account = new BankAccount();
account.deposit(500);
account = new BankAccount();
```

Ordinamento e ricerca di oggetti

Ordinamento di oggetti

- Abbiamo visto algoritmi di ordinamento efficienti e ne abbiamo verificato il funzionamento con array di numeri, ma spesso si pone il problema di ***ordinare dati più complessi***
  - ad esempio, ordinare stringhe
  - in generale, ordinare oggetti
- Vedremo ora che si possono usare gli stessi algoritmi, a patto che gli oggetti da ordinare siano tra loro ***confrontabili***

Ordinamento di oggetti

- Per ordinare numeri è, ovviamente, necessario effettuare confronti tra loro
  - Operatori di confronto: **==, !=, >, <, …**

- La stessa affermazione è vera per oggetti
  - ***per ordinare oggetti è necessario effettuare confronti tra loro***
- C'è però una differenza
  - confrontare numeri ha un significato ben definito dalla matematica
  - ***confrontare oggetti ha un significato che dipende dal tipo di oggetto***, e a volte può non avere significato alcuno...

Ordinamento di oggetti

- Confrontare oggetti ha un significato che dipende dal tipo di oggetto
  - quindi ***la classe che definisce l'oggetto deve anche definire il significato del confronto***
- Consideriamo la classe **String**
  - essa definisce il metodo **compareTo( )** che attribuisce un significato ben preciso all'ordinamento tra stringhe
    - l'ordinamento lessicografico
- Possiamo quindi riscrivere, ad esempio, il metodo **selectionSort** per ordinare stringhe invece di ordinare numeri, ***senza cambiare l'algoritmo***

```
public class ArrayAlgorithms
{public static void selectionSort(String[] a)
 { for (int i = 0; i < a.length - 1; i++)
    {  int minPos = findMinPos(a, i);
       if (minPos != i)  swap(a, minPos, i);
    }
 }
 private static void swap(String[] a,int i,int j)
  { String temp = a[i];
    a[i] = a[j];  a[j] = temp;
  }
  private static int findMinPos(String[] a,
     int from)
  {  int pos = from;
     for (int i = from + 1; i < a.length; i++)
       if (a[i].compareTo(a[pos]) < 0) pos = i;
     return pos;
  }
}
```

Ordinamento di oggetti

- Allo stesso modo si possono riscrivere tutti i metodi di ordinamento e ricerca visti per i numeri interi e usarli per le stringhe
- Ma come fare per altre classi?
  - possiamo ordinare oggetti di tipo **BankAccount** in ordine di saldo crescente?
    - bisogna definire un metodo **compareTo()** nella classe **BankAccount**
    - bisogna riscrivere i metodi perché accettino come parametro un array di **BankAccount**

```
public class ArrayAlgorithms
{  public static void selectionSort(BankAccount[] a)
   {  for (int i = 0; i < a.length - 1; i++)
      {  int minPos = findMinPos(a, i);
         if (minPos != i)
            swap(a, minPos, i);
      }
   }
   private static void swap(BankAccount[] a, int i, int j)
   {  BankAccount temp = a[i];
      a[i] = a[j];
      a[j] = temp;
   }
   private static int findMinPos(BankAccount[] a, int from)
   {  int pos = from;
      for (int i = from + 1; i < a.length; i++)
         if (a[i].compareTo(a[pos]) < 0) pos = i;
      return pos;
   }
   ...
}
```

- Non possiamo certo usare questo approccio per qualsiasi classe, ***deve esserci un metodo migliore!***

Realizzare una proprietà astratta

- Quello che deve fare una classe perché i suoi esemplari possano essere ordinati è
  - definire un metodo adatto a confrontare esemplari della classe, con lo stesso comportamento di **compareTo()**
- Gli oggetti della classe diventano ***confrontabili***
  - gli algoritmi di ordinamento e ricerca ***non hanno bisogno di conoscere alcun particolare degli oggetti***
  - è sufficiente che gli oggetti siano tra loro ***confrontabili***
- Per ***definire un comportamento astratto*** si usa in Java la definizione di un'***interfaccia***, che deve essere ***realizzata*** ("implementata") da una classe che dichiari di avere tale comportamento

Realizzare una proprietà astratta: interfacce

Realizzare una proprietà astratta

```
public interface Comparable
{   int compareTo(Object other);
}
```

- La definizione di un'interfaccia è simile alla definizione di una classe
  - si usa la parola chiave **interface** al posto di **class**
- Un'interfaccia può essere vista come ***una classe ridotta***, perché
  - non può avere costruttori
  - non può avere variabili di esemplare
  - ***contiene soltanto le intestazioni di uno o più metodi*** non statici, ma non può definirne il codice
    - i metodi sono ***implicitamente*** **public**

Realizzare una proprietà astratta

- Se una classe dichiara di realizzare concretamente un comportamento astratto definito in un'interfaccia, deve ***implementare*** l'interfaccia
  - oltre alla dichiarazione, **DEVE** ***definire i metodi specificati nell'interfaccia, con la stessa firma***

```
public class BankAccount implements Comparable
{   ...
    public int compareTo(Object other)
    {   // notare che viene sempre ricevuto un
        // Object
        BankAccount acct = (BankAccount)other;
        if (balance < acct.balance) return -1;
        if (balance > acct.balance) return 1;
        return 0;
    }
}
```

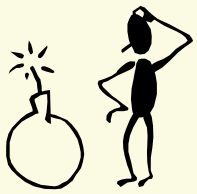
Realizzare l'interfaccia Comparable

- Il metodo ***int compareTo(object obj)*** deve definire una ***relazione di ordine totale*** caratterizzata dalle seguenti proprietà
  - ***riflessiva***:
    - **x.compareTo(x)** deve restituire zero
  - ***anti-simmetrica***:
    - **x.compareTo(y) <= 0 => y.compareTo(x) >= 0**
  - ***transitiva:***
    - **x.compareTo(y) <= 0 && y.compareTo(z)<= 0**
    - **=> x.compareTo(z)<= 0**

Realizzare l'interfaccia Comparable

- Il metodo ***int compareTo(object obj)*** deve:
  - ritornare zero se i due oggetti confrontati sono equivalenti nella comparazione
    - x.compareTo(y) ritorna zero se x e y sono "uguali"
      - ***if (x.compareTo(y) == 0) …***
  - ritornare un numero intero negativo se il parametro implicito precede nella comparazione il parametro esplicito
    - x.compareTo(y) ritorna un numero intero negativo se x precede y
      - **if (x.compareTo(y) < 0) …**
  - ritornare un numero un numero positivo se il parametro implicito segue nella comparazione il parametro esplicito
      - **if (x.compareTo(y) > 0) …**

Realizzare una proprietà astratta



- Non è possibile costruire oggetti da un'interfaccia

```
new Comparable(); // ERRORE DI SINTASSI
```

- È invece possibile definire riferimenti ad oggetti che realizzano un'interfaccia

```
Comparable c = new BankAccount(10);
```

- Queste conversioni tra un oggetto e un riferimento a una delle interfacce che sono realizzate dalla sua classe sono automatiche
  - *come se l'interfaccia fosse una superclasse*
- ***Una classe estende sempre una sola altra classe, mentre può realizzare più interfacce***

L'interfaccia Comparable

```
public interface Comparable
{   int compareTo(Object other);
}
```

- L'interfaccia **Comparable** è definita nel pacchetto **java.lang**, per cui non deve essere importata né deve essere definita
  - la classe **String**, ad esempio, realizza **Comparable**
- Come può l'interfaccia **Comparable** risolvere il nostro problema di ***definire un metodo di ordinamento valido per tutte le classi***?
  - basta definire un metodo di ordinamento che ordini un array di riferimenti ad oggetti che realizzano l'interfaccia **Comparable**, indipendentemente dal tipo

```
public class ArrayAlgorithms
{
  public static void selectionSort(Comparable[] a)
  { for (int i = 0; i < a.length - 1; i++)
    {
      int minPos = findMinPos(a, i);
      if (minPos != i)
        swap(a, minPos, i);
    }
  }
  private static void swap(Comparable[] a, int i, int j)
  {
    Comparable temp = a[i];
    a[i] = a[j];
    a[j] = temp;
  }

  private static int findMinPos(Comparable[] a, int from)
  {
    int pos = from;
    for (int i = from + 1; i < a.length; i++)
      if (a[i].compareTo(a[pos]) < 0)
        pos = i;
    return pos;
  }
}
```

Ordinamento di oggetti

- Definito un algoritmo per ordinare un array di riferimenti **Comparable**, se vogliamo ordinare un array di oggetti **BankAccount** basta fare

```
BankAccount[] v = new BankAccount[10];
// creazione dei singoli elementi
dell'array
...
// eventuali modifiche allo stato
// degli oggetti dell'array
...
ArrayAlgorithms.selectionSort(v);
```

- Dato che **BankAccount** realizza **Comparable**, il vettore di riferimenti viene convertito automaticamente

Ordinamento di oggetti

- Tutti i metodi di ordinamento e ricerca che abbiamo visto per array di numeri interi possono essere riscritti per array di oggetti **Comparable**, usando le seguenti "traduzioni"

```
if (a < b)
if (a > b)
if (a == b)
if (a != b)
```

```
if (a.compareTo(b) < 0)
if (a.compareTo(b) > 0)
if (a.compareTo(b) == 0)
if (a.compareTo(b) != 0)
```

Lezione XXVII
Me 21-Nov-2007

Interfaccia Comparable parametrica

Interfaccia Comparable Parametrica

```
public class BankAccount implements Comparable
{ public int compareTo(Object obj)
  {
    BankAccount acct = (BankAccount) obj;
    if (balance < acct.balance) return -1;
    if (balance > acct.balance) return 1;
    return 0;
  }
}
```

```
BankAccount acct1 = new BankAccount(10);
String s = "ciao";
…
Object acct2 = s; // errore del programmatore!
if (acct1.compareTo(acct2) < 0)
…
```

- Il compilatore non segnala alcun errore!!!
- Quando il codice viene eseguito, il metodo compareTo() genera **ClassCastException**

Interfaccia Comparable parametrica

- Sarebbe preferibile che l'errore fosse diagnosticato dal compilatore
- Che succede se l'eccezione viene generata in un programma che realizza un sistema di controllo? Ad esempio un programma per il controllo del traffico aereo?
- Java 5.0 fornisce uno strumento comodo l'**interfaccia Comparable parametrica** che permette al compilatore di trovare l'errore
- Nell'interfaccia Comparable parametrica possiamo
- definire il tipo di oggetto nel parametro esplicito del metodo compareTo()

Interfaccia Comparable parametrica

```
public interface Comparable<T>
{
    int compareTo(T o);
}
```

```
public class BankAccount implements
    Comparable<BankAccount>
{
    public int compareTo(BankAccount obj)
    { //non e' necessario il forzamento
      if (balance < obj.balance) return -1;
      if (balance > obj.balance) return 1;
      return 0;
    }
}
```

- T rappresenta una classe generica
- Generalmente il tipo generico T e' la classe stessa, come nell'esempio riportato per la classe BankAccount
- Si puo' evitare di programmare nel metodo compareTo() una conversione forzata

Interfaccia Comparable parametrica

```
public class BankAccount implements
   Comparable<BankAccount>
{
   public int compareTo(BankAccount o)
   { if (balance < o.balance) return -1;
     if (balance > o.balance) return 1;
     return 0;
   }
}
```

```
BankAccount acct1 = new BankAccount(10);
String s = "ciao";
…
Object acct2 = s; // errore del programmatore
if (acct1.compareTo(acct2) < 0)
```

```
compareTo(BankAccount) cannot be applied to
<java.lang.String>
```

- L'errore viene intercettato dal compilatore

Ordinamento e ricerche “di libreria”

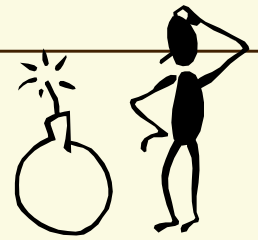
- La libreria standard fornisce, per l’ordinamento e la ricerca, alcuni metodi statici in ***java.util.Arrays***
  - un metodo **sort()** che ordina array di tutti i tipi fondamentali e array di **Comparable**

```
String[] ar = new String[10];
...
Arrays.sort(ar);
```

  - un metodo **binarySearch()** che cerca un elemento in array ordinati di tutti i tipi fondamentali e in array di **Comparable**
    - restituisce la posizione come numero intero
- ***Questi metodi sono da usare nelle soluzioni professionali***
- ***Non potrete usarli nel corso e agli esami!***
- Dovete dimostrare di conoscere la programmazione degli algoritmi fondamentali

Errori Comuni:
Mettere in ombra le variabili ereditate

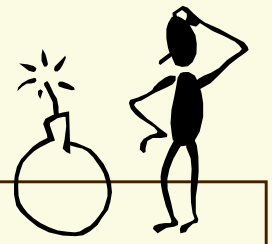
```
public class SavingsAccount extends
    BankAccount
{   ...
    public void addInterest()
    { deposit(getBalance() * interestRate/100);
    }
}
```



- Abbiamo visto che una sottoclasse ***eredita*** le variabili di esemplare definite nella superclasse
  - ogni oggetto della sottoclasse ha una propria copia di tali variabili, come ogni oggetto della superclasse

  ma se sono **private** ***non vi si può accedere dai metodi della sottoclasse!***

Mettere in ombra le variabili ereditate



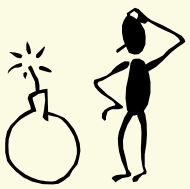
```
public class SavingsAccount extends
    BankAccount
{   ...
    public void addInterest()
    {   deposit(balance * interestRate / 100);
    }
}
```

- Proviamo: il compilatore segnala l'errore

  balance has private access in BankAccount

- Quindi, per accedere alle variabili private ereditate, bisogna utilizzare metodi pubblici messi a disposizione dalla superclasse, se ce ne sono

Mettere in ombra le variabili ereditate

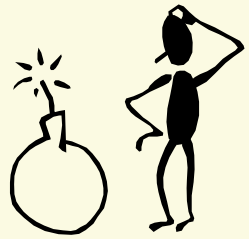


- A volte si cade nell'errore di *definire la variabile anche nella sottoclasse*

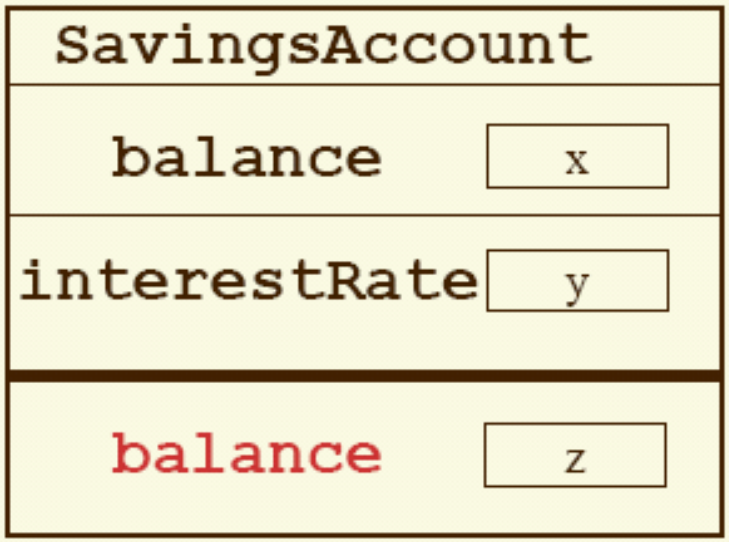
```
public class SavingsAccount extends
   BankAccount
{  ...
   public void addInterest()
   {  deposit(balance * interestRate / 100);
   }
   private double balance;
}
```

- In questo modo il compilatore non segnala alcun errore, ma ora **SavingsAccount** ha due variabili che si chiamano **balance**, ***una propria e una ereditata***, ***tra le quali non c'è alcuna relazione!***

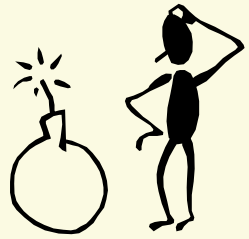
Mettere in ombra le variabili ereditate



```
public class SavingsAccount extends
    BankAccount
{   ...
    public void addInterest()
    {   deposit(balance * interestRate / 100);
    }
    private double balance;
}
```

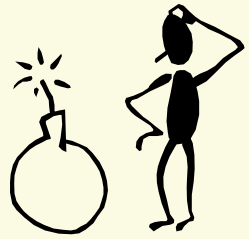


Mettere in ombra le variabili ereditate



- L'esistenza di ***due distinte variabili*** **balance** è fonte di errori difficili da diagnosticare
  - modifiche a **balance** fatte da metodi di **SavingsAccount** non sono visibili a metodi di **BankAccount**, e viceversa
  - ad esempio, dopo un'invocazione di **withdraw()**, la variabile **balance** definita in **SavingsAccount** non viene modificata
    - il calcolo degli interessi sarà sbagliato

Mettere in ombra le variabili ereditate



- Per quale motivo Java presenta questa apparente "debolezza"?
  - secondo le regole di OOP, chi scrive una sottoclasse non deve conoscere niente di quanto dichiarato privato nella superclasse, né scrivere codice che si basa su tali caratteristiche
  - quindi è perfettamente lecito definire e usare una variabile **balance** nella sottoclasse
    - sarebbe strano impedirlo, visto che chi progetta la sottoclasse non deve sapere che esiste una variabile **balance** nella superclasse!
  - ciò che non è lecito è usare una variabile nella sottoclasse con lo stesso nome di quella della superclasse ***e sperare che siano la stessa cosa!***

Il metodo equals()

Oggetti distinti

- Cerchiamo di risolvere il problema di ***determinare se in un array di oggetti esistono oggetti ripetuti***, ***cioè*** (per essere più precisi) ***oggetti con identiche proprietà di stato***

```
public static boolean areUnique(Object[] p)
{   for (int i = 0; i < p.length; i++)
      for (int j = i+1; j < p.length; j++)
         if (p[i] == p[j])
            return false;
   return true;
}
```

Non Funziona Correttamente!

- Questo metodo non funziona correttamente
  - ***verifica se nell'array esistono riferimenti che puntano allo stesso oggetto***

Oggetti distinti

- Per verificare, invece, che non esistano riferimenti che puntano a oggetti (eventualmente diversi) con le medesime proprietà di stato, occorre confrontare il ***contenuto*** (lo stato) degli oggetti stessi, e non solo i loro indirizzi in memoria
- Lo stato degli oggetti non è generalmente accessibile dall'esterno dell'oggetto stesso
- Come risolvere il problema?
  - sappiamo che per le classi della libreria standard possiamo invocare il metodo **equals()**

Il metodo equals()

- Come è possibile che il metodo **equals** sia invocabile con qualsiasi tipo di oggetto?
  - il metodo **equals()** è definito nella classe **Object**

```
public boolean equals(Object obj)
{   return (this == obj);
}
```

- Essendo definito in **Object**, **equals()** viene ereditato da tutte le classi Java, quindi può essere invocato con qualsiasi oggetto, come **toString()**
  - il comportamento ereditato, se non sovrascritto, svolge la stessa funzione del confronto tra i riferimenti che abbiamo visto prima

Sovrascrivere il metodo equals()

- Per consentire il confronto per uguaglianza tra due oggetti di una classe in modo che venga esaminato lo *stato* degli oggetti stessi, occorre sovrascrivere il metodo **equals**

```
public class BankAccount
{  public boolean equals(Object obj)
   {  if (!(obj instanceof BankAccount))
         return false;
      BankAccount other = (BankAccount) obj;
      return (balance == other.balance);
   }
   ...
}
```

Oggetti distinti

```
public static boolean areUnique(Object[] p)
{  for (int i = 0; i < p.length; i++)
       for (int j = i+1; j < p.length; j++)
          if (p[i].equals(p[j]))
             return false;
   return true;
}
```

- Questo metodo funziona correttamente se gli oggetti appartengono a classi che hanno sovrascritto il metodo **equals()**
  - non ci sono alternative: se una classe non sovrascrive **equals()**, in generale non si possono confrontare i suoi oggetti

Oggetti distinti comparabili

```
{ public boolean equals(Object obj)
{…}
public int compareTo(Object obj)
{…}
}
```

- Nelle classi che realizzano l'interfaccia Comparable e sovrascivono il metodo equals(), si raccomanda che **l'ordinamento naturale** definito dal metodo **compareTo** e il **confronto di uguaglianza** fra oggetti definito al metodo **equals** siano consistenti:

```
(x.compareTo(y) == 0) == x.equals(y)
```

- Se questo non accade, nella documentazione della classe si deve scrivere esplicitamente
  - ***"Notare: questa classe ha un ordinamento naturale che non è consistente con equals"***

Classi non estendibili
e
metodi non sovrascrivibili

Classi non estendibili

- Talvolta è opportuno impedire l'estensione di una classe
  - Ad esempio la classe ***java.lang.String*** è una classe ***immutabile*** ovvero i suoi metodi non possono mai modificare le variabili di esemplare della classe
  - i progettisti della classe hanno anche deciso che non possa mai essere estesa
  - Questo si può ottenere definendo la classe ***final***

```
public final class String {...}
```

La classe non può essere estesa

Metodi non sovrascrivibili

- Talvolta è anche opportuno impedire di sovrascrivere un metodo nelle sottoclassi. Questo si può ottenere definendo il metodo ***final*** **nella superclasse**

```
public class BankAccount
{...
   public final void withdraw(double amount)
   {  if (balance < amount)
         throw new IllegalStateException();
      balance = balance - amount;
   }
```

```
public class MyDreamBankAccount extends BankAccount
{...
   public void withdraw(double amount)
   {
      deposit(amount);
   }
```

```
MyDreamBankAccount.java:45: withdraw(double) in
MyDreamBankAccount cannot override withdraw(double)
in BankAccount; overridden method is final
   public void withdraw(double amount)
```

Metodi astratti

- Un metodo astratto non ha implementazione nella classe in cui è definito
- Nella classe si definisce l'intestazione del metodo con la parola chiave ***abstract.*** Anche la classe deve essere definita ***abstract.***

```
public abstract class Poligono
{...
   public abstract double getSurface();
}
```

- Il metodo deve essere realizzato nelle classi derivate

```
public class Quadrato extends Poligono
{...
   public double getSurface()
   {
      return lato * lato;
   }
}
```

Esempio

- Si scriva la classe contenitore ArchivioOrdinato con la seguente interfaccia pubblica:
  - `void aggiungi(comparable c)`
  - aggiunge un oggetto all'archivio, mantenendolo ordinato. In caso di necessita' ridimensiona l'archivio
  - `Object togli()`
  - ritorna il valore massimo nel contenitore - massimo nel senso di compareTo()
  - `boolean vuoto()`
  - ritorna true se il contenitore è vuoto, false altrimenti
- Notare che la classe contenitore è generica, senza riferimenti specifici alla classe da memorizzare
  - Il parametro del metodo **`aggiungi()`** e' un **`Comparable`**
  - Il metodo **`togli()`** ritorna **Object**

Esempio

- Si usi il contenitore per memorizzare oggetti della classe studente

```
public class Studente implements Comparable
{
   private final String nome;
   private final int matricola;

   public Studente(String n, int m)
   {  nome = n;
      matricola = m;
   }
   public int matricola() { return matricola; }
   public String nome() { return nome; }
   public String toString()
   { return matricola + ":" + nome; }
   public int compareTo(Object rhs)
   {
      return matricola - ((Studente)rhs).matricola;
   }
}
```

Esempio

- Usando l'interfaccia Comparable parametrica

```
public class Studente implements Comparable<Studente>
{
   private final String nome;
   private final int matricola;

   public Studente(String n, int m)
   {  nome = n;
      matricola = m;
   }
   public int matricola() { return matricola; }
   public String nome() { return nome; }
   public String toString()
   { return matricola + ":" + nome; }
   public int compareTo(Studente rhs)
   {
      return matricola - rhs.matricola;
   }
}
```

Criteri multipli di ordinamento

Criteri multipli di ordinamento

```
public class StudenteEsteso extends Studente
{ public static final int NOME = 0;
  public static final int MATRICOLA = 1;
  private static int ordinamento = MATRICOLA;

  public StudenteEsteso(String n, int m)
  {super(n, m);}

  public int compareTo(Object rhs)
  { StudenteEsteso s = (StudenteEsteso)rhs;
    if (ordinamento == MATRICOLA)
        return matricola() - s.matricola();
    return nome().compareTo(s.nome());
  }

  public static void ordinaPer(int valore)
  { if (valore != NOME && valore != MATRICOLA)
      throw new IllegalArgumentException(
       "Non so ordinare per : " + valore);
    ordinamento = valore;
  }
}
```

Criteri multipli di ordinamento

```
…
StudenteEsteso[] v = new StudenteEsteso[100];

// inizializzazione elementi dell'array
v[0] = new StudenteEsteso("marco", 12345);
…
//Ordinamento per matricola
StudenteEsteso.ordinaPer(StudenteEsteso.MATRICOLA);
ArrayAlgorithms.selectionSort(v);
System.out.println("*** Per Matricola ***");
for (int i = 0; i < v.length; i++)
  System.out.println(v[i]);

//Ordinamento per nome
StudenteEsteso.ordinaPer(StudenteEsteso.NOME);
ArrayAlgorithms.selectionSort(v);
System.out.println("\n*** Per Nome ***");
for (int i = 0; i < v.length; i++)
  System.out.println(v[i]);
…
```

ArchivioOrdinato

```
/**
  * archivio ordinato realizzato con un array riempito
  * solo in parte.
  * Classe didattica.
  *
  * @author A. Luchetta
  * @version 14-Nov-2006
  */

import java.util.NoSuchElementException;

public class ArchivioOrdinato
{
  // variabili di esemplare
  private Comparable[] array;
  private int arraySize;

  public ArchivioOrdinato()
  {
     array = new Comparable[1];
     arraySize = 0;
  }
```

```
 /**
     Aggiunge un elemento all'archivio ordinato
     Andamento asintotico O(n)
     Prima dell'inserimento l'array e' ordinato!
     @param n il numero intero da aggiungere
  */
  public void aggiungi(Comparable c)
  {
   // ridimensionamento dell'array
   if (arraySize >= array.length)
   { Comparable[] newArray = new Comparable[2*array.length];
     for (int i = 0; i < arraySize; i++)
       newArray[i] = array[i];
     array = newArray;
   }

   /* inserimento e ordinamento dell'archivio
      (basta il ciclo interno dell'algoritmo di
      ordinamento per inserimento)
   */
   int j;
   for (j = arraySize; j>0 && c.compareTo(array[j-1]) < 0; j--)
     array[j] = array[j - 1];

   array[j] = c;
   arraySize++;
}
```

ArchivioOrdinato

```
/**
     ritorna il valore massimo nell'archivio,
     cancellandolo dall'arrchivio.
     Andamento asintotico O(1)
     @return il valore massimo
     @throws NoSuchElementException se l'array e' vuoto
  */
  public Object togli()
  {
     if (vuoto())
        throw new NoSuchElementException();

     Object tmp = array[arraySize - 1];
     array[arraySize - 1] = null; // garbage collector

     arraySize--;

     return tmp;
  }
```

ArchivioOrdinato

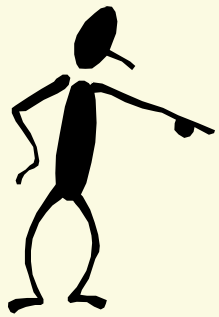
```
 /**
      verifica se l'archivio è vuoto
      Andamento asintotico O(1)

      @return true se l'array e' vuoto, false altrimenti
   */
   public boolean vuoto()
   {
      return arraySize == 0;
   }
}
```

Lezione XXVIII
Gi 22-Nov-2007

Eccezioni

Lanciare Eccezioni (ripasso)

Lanciare eccezioni



- Sintassi:

```
throw oggettoEccezione;
```

- Scopo: lanciare un'eccezione
- Nota: di solito l'*oggettoEccezione* viene creato con **new** *ClasseEccezione*( )

```
public void deposit(double amount)
{
   if (amount <= 0)
      throw new IllegalArgumentException();
   balance = balance + amount;
}
```

Gestire le Eccezioni

Le eccezioni in Java

- Quando un metodo ***lancia*** un'eccezione
  - l'esecuzione del metodo viene immediatamente interrotta
  - l'eccezione viene "propagata" al metodo chiamante la cui esecuzione viene a sua volta immediatamente interrotta
  - l'eccezione viene via via propagata fino al metodo **main()** la cui interruzione provoca l'arresto anormale del programma con la segnalazione dell'eccezione che è stata la causa di tale terminazione prematura
- Il lancio di un'eccezione è quindi un modo per terminare un programma in caso di errore
  - ***non sempre però gli errori sono così gravi...***

Gestire le eccezioni di input

- Nell'esempio di conversione di stringhe in numeri supponiamo che la stringa sia stata introdotta dall'utente
  - se la stringa non contiene un numero valido viene generata un'eccezione **NumberFormatException**
  - sarebbe interessante poter ***gestire*** tale eccezione segnalando l'errore all'utente e chiedendo di inserire nuovamente il dato numerico ***anziché terminare*** prematuramente il programma
- Possiamo ***intercettare*** l'eccezione e gestirla con il costrutto sintattico **try / catch**

Conversione di stringhe in numeri

- La conversione corretta si ottiene invocando il metodo **statico** `parseInt()` della classe `Integer`

```
String ageString = "36";
int age = Integer.parseInt(ageString);
// age contiene il numero 36
```

- La conversione di un ***numero in virgola mobile*** si ottiene analogamente invocando il metodo **statico** `parseDouble()` della classe `Double`

```
String numberString = "34.3";
double number =
    Double.parseDouble(numberString);
// number contiene il numero 34.3
```

Eccezioni nei formati numerici

```
...
Scanner in = new Scanner(System.in);
int n = 0;
boolean done = false;
while (!done)
{
   try
   {
      String line = in.nextLine();
      n = Integer.parseInt(line);
      // l'assegnazione seguente viene
      // eseguita soltanto se NON viene
      // lanciata l'eccezione
      done = true;
   }
   catch(NumberFormatException e)
   {
      System.out.println("Riprova");
      // done rimane false
   }
}
```

done	!done
false	true
true	false

Gestire le eccezioni

- L'enunciato che contiene l'invocazione del metodo che può generare l'eccezione deve essere racchiuso all'interno di una coppia di parentesi graffe precedute dalla parola chiave **try**

```
try
{
    ...
    n = Integer.parseInt(line);
    ...
}
```

- Bisogna poi sapere ***di che tipo è*** l'eccezione generata dal metodo
  - ***ogni eccezione è un esemplare di una classe specifica, nel nostro caso***
    - `java.lang.NumberFormatException`

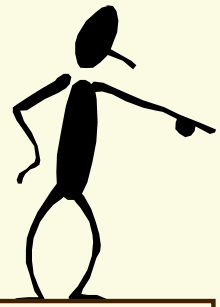
Gestire le eccezioni

- Il ***blocco try*** è seguito da una ***clausola catch*** definita in modo simile a ***un metodo che riceve un solo parametro*** del ***tipo dell'eccezione*** che si vuole gestire

```
catch (NumberFormatException e)
{
   System.out.println("Riprova");
}
```

- Nel blocco ***catch*** si trova ***il codice che deve essere eseguito nel caso in cui si verifichi l'eccezione***
  - l'esecuzione del blocco **try** viene interrotta nel punto in cui si verifica l'eccezione e non viene più ripresa

Blocchi try / catch



- Sintassi:

```
try
{
   enunciatiCheGeneranoUnaEccezione
}
catch (ClasseEccezione riferimentoEccezione)
{
   enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione
}
```

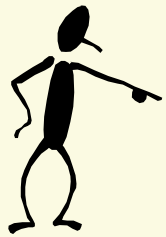
- Scopo:

  eseguire enunciati che generano una eccezione

  – ***se si verifica l'eccezione*** di tipo ***ClasseEccezione***
    eseguire gli enunciati contenuti nella ***clausola*** **catch**

  – ***altrimenti*** ignorare la ***clausola*** **catch**

Blocchi try / catch



- Se gli enunciati nel blocco try generano più di un'eccezione

```
try
{   enunciatiCheGeneranoPiùEccezioni
}
catch (ClasseEccezione1 riferimentoEccezione1)
{   enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione1
}
catch (ClasseEccezione2 riferimentoEccezione2)
{   enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione2
}
…
```

Catalogazione delle eccezioni

Diversi tipi di eccezioni

- In Java esistono diversi tipi di eccezioni (cioè diverse **classi** di cui le eccezioni sono esemplari)
  - eccezioni di tipo ***Error***
  - eccezioni di tipo ***Exception***
    - un sottoinsieme sono di tipo ***RuntimeException***
- Error ed Exception derivano entrambe dalla superclasse ***java.lang.Throwable***
- Solo oggetti che siano esemplari di questa classe (o di qualsiasi sua sottoclasse) sono "lanciati" dalla Java Virtual Machine o possono essere lanciati dall'enunciato Java ***throw***.

Diversi tipi di eccezioni

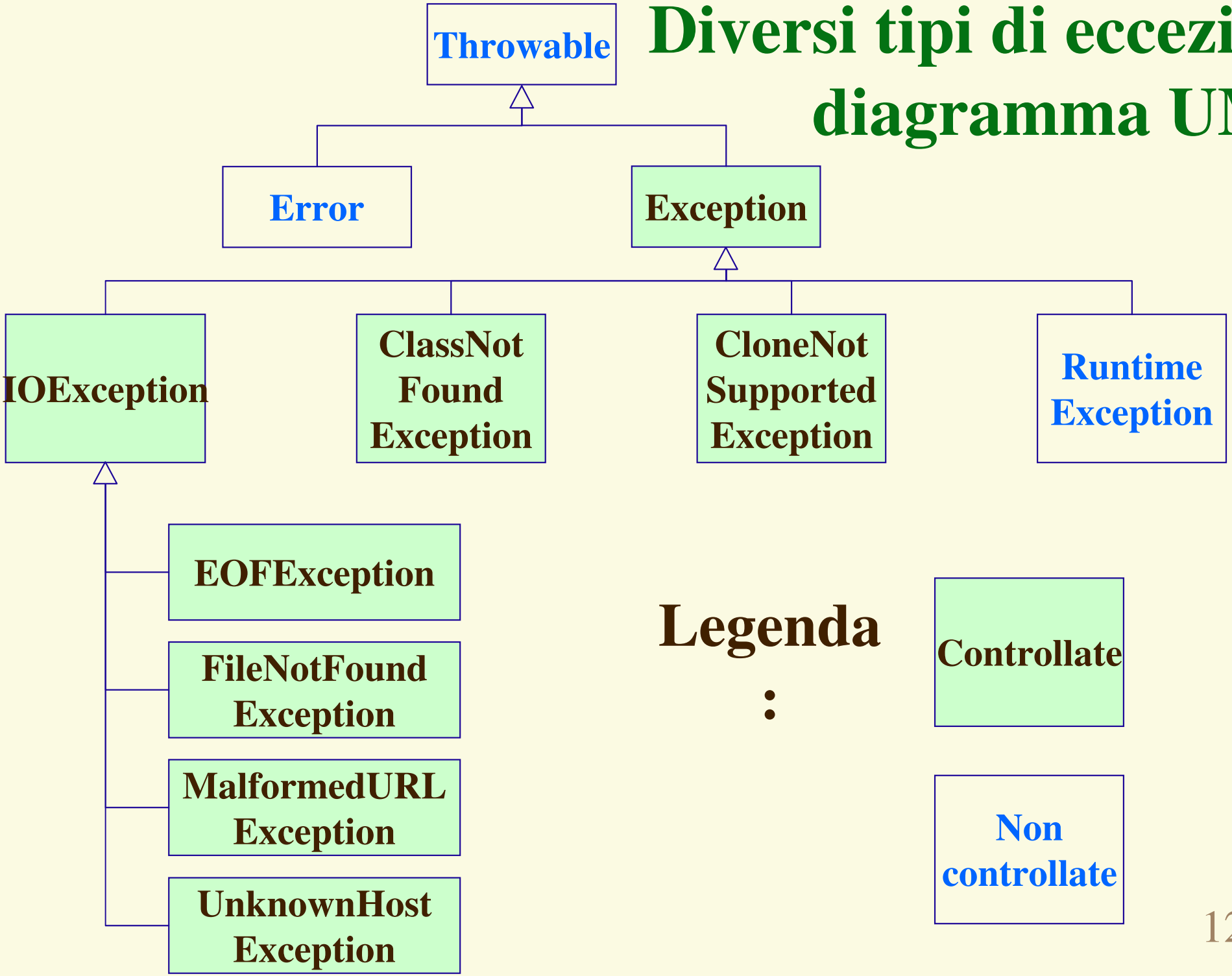
- ***Error***: è una sottoclasse di ***java.lang.Throwable*** che indica l'occorrenza di seri problemi che un'applicazione "sensata" non dovrebbe tentare (try) di catturare (catch)
  - esempio: ***java.lang.StackOverflowError***

- ***Exception***: è una sottoclasse di ***java.lang.Throwable*** che indica condizioni che un'applicazione "sensata" potrebbe voler catturare
  - esempio: ***java.lang.NumberFormatException***

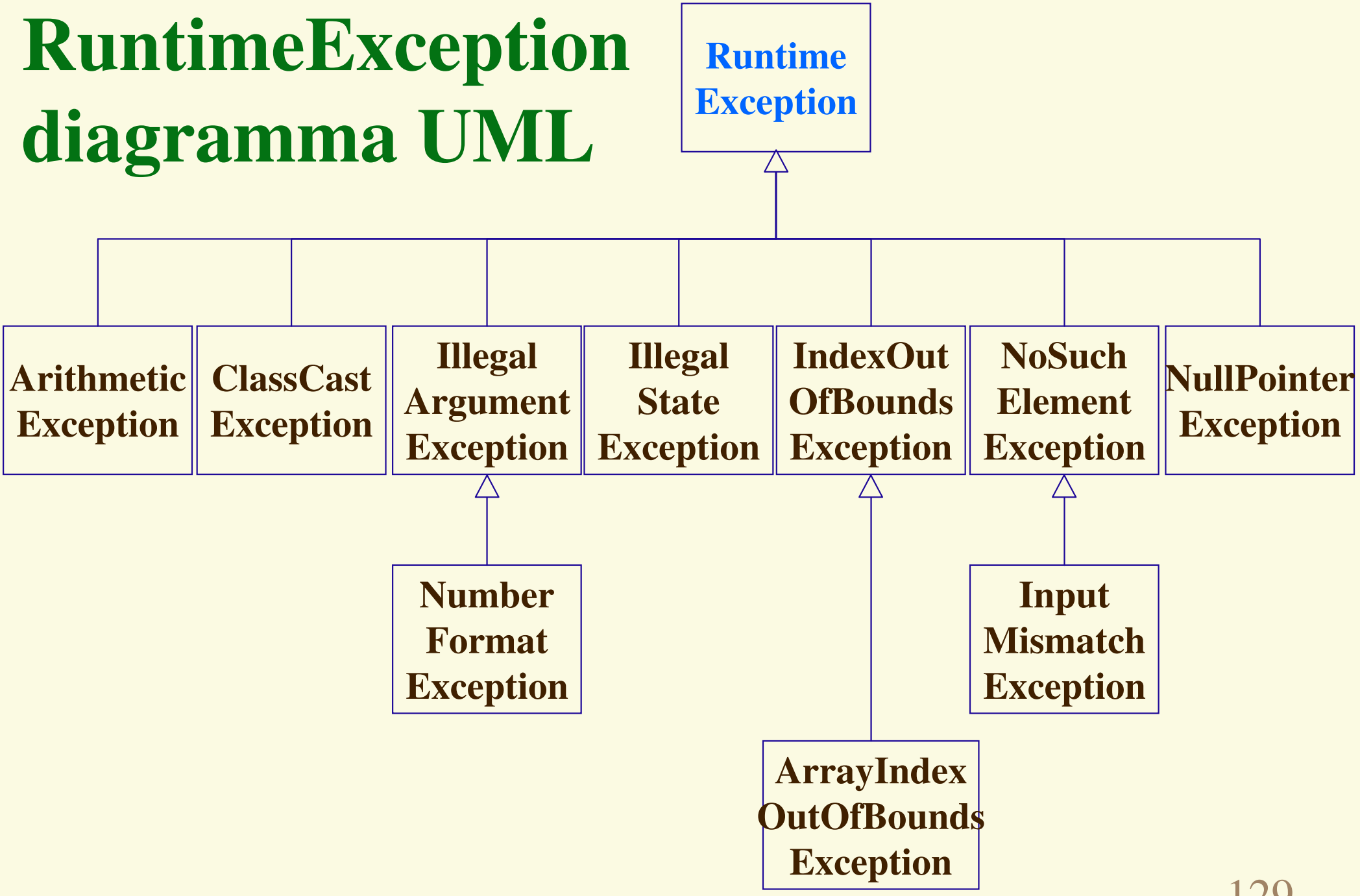
Diversi tipi di eccezioni

- La gestione delle eccezioni di tipo **Error** e di tipo **RuntimeException** è ***facoltativa***
  - se non vengono gestite e vengono lanciate, provocano la terminazione del programma
- Il fatto che la loro gestione sia ***facoltativa*** (***non obbligatoria***) si esprime anche dicendo che Error e RuntimeException sono ***eccezioni non controllate***.

Diversi tipi di eccezioni diagramma UML



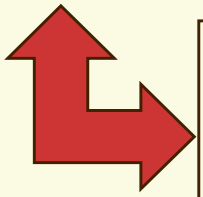
RuntimeException diagramma UML



Diversi tipi di eccezioni

- Ad esempio non e' obbligatorio gestire l'eccezione **NumberFormatException** che appartiene all'insieme delle RuntimeException
- Viene lanciata fra l'altro dai metodi **Integer.parseInt()** **Double.parseDouble()**

```
…
int n = Integer.parseInt(line);
…
```



Il compilatore non segnala errore se l'eccezione non e' gestita

- Durante l'esecuzione del programma, se viene generata l'eccezione, questa si propaga fino al metodo main(), se non gestita, e provoca la terminazione del programma

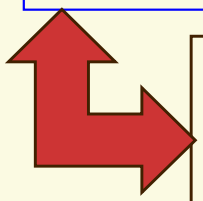
Exception in thread main java.lang.NumberFormatException:
at java.lang.Integer.parseInt(….)

Diversi tipi di eccezioni

- E' invece obbligatorio gestire le eccezioni che sorgono nella gestione dell'input/output, come ***java.io.IOException*** o ***java.io.FileNotFoundException*** che appartengono all'insieme delle eccezioni Exception

- La classe **Scanner** può essere usata anche per leggere file (lo vedremo prossimamente); in questo caso il parametro esplicito e' un oggetto di classe **FileReader**
- Il costruttore **FileReader**() se non trova il file lancia l'eccezione controllata (a gestione obbligatoria) **java.io.FileNotFoundException**

```
String filename = …;
FileReader reader = new FileReader(filename);
Scanner in = new Scanner(reader);
…
```



Il compilatore segnala errore se l'eccezione non e' gestita

Eccezioni Controllate

- Possimo gestire questa situazione in ***due modi***
  - ***try / catch***

```
try
{
  String filename = …;
  FileReader reader = new FileReader(filename);
  Scanner in = new Scanner(reader);
}
catch (FileNotFoundException e)
{…}…
```

- Spesso pero' il metodo potrebbe non avere il contesto per gestire l'eccezione (il programmatore non sa come reagire all'interno del metodo)

Eccezioni Controllate

- In alternativa alla gestione con l'enunciato ***try / catch***, si può avvisare il compilatore che si e' consapevoli che l'eventuale insorgenza di un'eccezione causera' la terminazione del metodo
- Si lascia quindi la gestione al metodo chiamante

```
public void read(String filename)
    throws FileNotFoundException
{
  FileReader reader = new FileReader(filename);
  Scaner in = new Scanner(reader);
…
}
```

- Se il metodo può lanciare più eccezioni, si pongono nella firma dopo la clausola ***throws***, separandole con una virgola

```
public void read(String filename)
    throws FileNotFoundException,
           ClassNotFoundException
{…}
```

Gestire le eccezioni di input

```
// NON FUNZIONA!
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.util.Scanner;

public class ReadInput
{ public static void main(String[] args)
  { String filename = …;
    FileReader reader = new FileReader(filename);
    Scanner in = new Scanner(reader);
    …
  }
}
```

ReadInput.java:10:
unreported exception java.io.FileNotFoundException;
must be caught or declared to be thrown

Gestire le eccezioni di input

- Per dichiarare che un metodo dovrebbe essere terminato quando accade un'eccezione controllata al suo interno si contrassegna il metodo con il marcatore **throws**

```
// FUNZIONA!
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.util.Scanner;

public class ReadInput
{ public static void main(String[] args)
      throws FileNotFoundException
   { String filename = …;
     FileReader reader = new FileReader(filename);
     Scanner in = new Scanner(reader);
     …
   }
}
```

Avvisare il compilatore: `throws`

- La clausola **`throws`** segnala al chiamante del metodo che potrà trovarsi di fronte a un'eccezione del tipo dichiarato nell'intestazione del metodo.
  - ad esempio ad IOException nel caso del costruttore FileReader()
- Il metodo chiamante dovra' prendere una decisione:
  - o gestire l'eccezione (**`try/catch`**)
  - o dichiarare al proprio metodo chiamante che può essere generata un'eccezione (**`throws`**)
- Spesso non siamo in grado di gestire un'eccezione in un metodo, perché non possiamo reagire in modo adeguato o non sappiamo che cosa fare (inviare un messaggio allo standard output e terminare il programma potrebbe non essere adeguato)
- In questi casi è meglio lasciare la gestione dell'eccezione al metodo chiamante mediante la clausola **`throws`**

Tacitare le eccezioni

- Talvolta si è tentati di "*mettere a tacere*" le eccezioni controllate, programmando un blocco ***catch*** vuoto
- In questo modo il compilatore non segnala più errore...

```
// Proibito!
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.util.Scanner;

public class ReadInput
{ public static void main(String[] args)
  { String filename = …;
    try
    {  FileReader reader = new FileReader(filename);
    }
    catch (FileNotFoundException e)
    { // vuoto
    }
...
```

Tacitare le eccezioni

- In esecuzione, se viene lanciata, però, l'eccezione questa non causa alcuna azione Infatti, il blocco catch la cattura, impedendo che si propaghi al metodo chiamante
- Poiché l'insorgenza dell'eccezione è il sintomo di un errore di qualche tipo nel programma, il programma fallirà, probabilmente, eseguendo qualche enunciato successivo
- Non siamo, però, in grado di diagnosticare correttamente che cosa è avvenuto, perché non abbiamo la segnalazione puntuale di dove è avvenuto effettivamente l'errore.
- Il meccanismo delle eccezioni è stato pensato per agevolare il programmatore a diagnosticare gli errori runtime e, quindi, a correggere o migliorare il codice.
- Se mettete a tacere le eccezioni, oltre a non proteggere il vostro codice dagli errori, impedite anche una corretta diagnosi degli stessi!

Proibito mettere a tacere le eccezioni!

Progettare eccezioni

Progettare Eccezioni

- Ora sappiamo
  - programmare il lancio di eccezioni appartenente alla libreria standard (`throw new` …)
  - catturare eccezioni (`try/catch`)
  - lasciare al chiamante la gestione di eccezioni sollevate nei nostri metodi (`throws` nell'intestazione del metodo)

- Non sappiamo ancora costruire eccezioni solo nostre
  - ad esempio se vogliamo lanciare l'eccezione **LaNostraEccezioneException** come facciamo?)

Progettare Eccezione

- A volte nessun tipo di eccezione definita nella libreria standard descrive abbastanza precisamente una possibile condizione di errore di un metodo
- Supponiamo di voler generare un'eccezione di tipo InsuffientBalanceException nel metodo withdraw() della classe BankAccount quando si tenti di prelevare una somma maggiore del saldo del conto

```
…
if (amount > balance)
   throw new InsuffientBalanceException(
      "prelievo di " + amount + " eccede la"
      + " disponibilita' pari a " + balance);
….
```

Progettare Eccezione

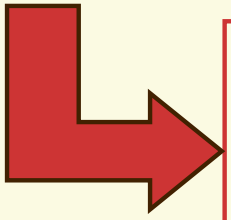
- Per costruire la nostra eccezione `InsuffientBalanceException` si usa l'ereditarietà, estendendo:
  - La classe ***Exception*** (o una delle sue sottoclassi), se si vuole creare ***un'eccezione controllata***
  - La classe ***RuntimeException*** (o una delle sue sottoclassi), se si vuole creare ***un'eccezione a gestione non obbligatoria***
- Di una classe eccezione solitamente si forniscono due costruttori, uno senza argomenti e uno che accetta una stringa che descrive il motivo dell'eccezione

```
public class InsuffientBalanceException
    extends RuntimeException
{
  public InsuffientBalanceException() {}
  public InsuffientBalanceException(
    String causa)
   {  super(causa); }
}
```

Progettare Eccezione

- Notare che **InsuffientBalanceException** è una classe pubblica e come tale va definita in un file a parte di nome **InsuffientBalanceException.java**

```
…
BankAccount account = new BankAccount(500);
account.withdraw(550);
…
```



```
Exception in thread “main”
InsuffientBalanceException: prelievo di
550 eccede la disponibilita’ pari a 500
at …
```

File e Flussi in Java

Gestione di file in Java

- Finora abbiamo visto programmi Java che interagiscono con l'utente soltanto tramite i ***flussi*** standard di ingresso e di uscita (***System.in***, ***System.out***)
  - ciascuno di tali flussi può essere collegato a un file con un comando di sistema operativo (***redirezione***)
- Ci chiediamo: è possibile leggere e scrivere file in un programma Java?
  - con la redirezione di input/output, ad esempio, non possiamo leggere da due file o scrivere su due file...

Gestione di file in Java

- Limitiamoci inizialmente ad affrontare il problema della ***gestione di file di testo***
  - ***file di testo ≡ file contenenti caratteri***
- In un ***file di testo*** i numeri vengono memorizzati come stringhe di caratteri numerici decimali e punti: 123.45 diventa “123.45”
  - esistono anche i ***file binari***, che contengono semplicemente configurazioni di bit (byte) che rappresentano qualsiasi tipo di dati. Nei ***file binari*** i numeri sono memorizzati con la loro ***rappresentazione numerica***. Es.: l’intero 32 diventa la sequenza di 4 byte 00000000 00000000 000000000 00100000
- La gestione dei file avviene interagendo con il sistema operativo mediante classi del pacchetto ***java.io*** della libreria standard

Gestione di file in Java

- Per leggere/scrivere ***file di testo*** si usano esemplari creati dalle classi
  - ***java.io.FileReader***
  - ***java.io.FileWriter***
- In generale le classi **reader** e **writer** sono in grado di gestire ***flussi di caratteri***
- Per leggere/scrivere ***file binari*** si usano oggetti delle classi
  - ***java.io.FileInputStream***
  - ***java.io.FileOutputStream***
- In generale le classi con suffisso ***Stream*** sono in grado di gestire flussi di byte

Lettura di file di testo

- Prima di ***leggere caratteri*** da un file (esistente) occorre ***aprire*** il file in ***lettura***
  - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileReader**

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
```

  - il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa: "`file.txt`"
  - se il file non esiste, viene lanciata l'eccezione **FileNotFoundException** a gestione obbligatoria

Lettura di file di testo

- Con l'oggetto di tipo ***FileReader*** si può invocare il metodo ***read()*** che restituisce ***un intero*** a ogni invocazione, iniziando dal primo carattere del file e procedendo fino alla fine del file stesso

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
while(true)
{   int x = reader.read(); // read restituisce un
    if (x == -1) break;    // intero che vale -1
    char c = (char) x;     // se il file è finito
    // elabora c
} // il metodo lancia IOException, da gestire!
```

- Non è possibile tornare indietro e rileggere caratteri già letti
  - bisogna creare un nuovo oggetto di tipo ***FileReader***

Lettura con java.util.Scanner

- In alternativa, si può costruire un'esemplare della classe *java.util.Scanner*, con il quale leggere righe di testo dal file

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
Scanner in = new Scanner(reader);
while(in.hasNextLine())
{   String line = in.nextLine();
    ... // elabora
}
// FileReader lancia FileNotFoundException
//(IOException), da gestire obbligatoriamente!
```

- Quando il file finisce, il metodo nextLine() della classe Scanner ritorna **false**!

Lettura di file di testo

- Al termine della lettura del file (che non necessariamente deve procedere fino alla fine…) occorre ***chiudere*** il file

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
...
reader.close();
```

- Anche questo metodo lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- Se il file non viene chiuso non si ha un errore, ma una potenziale situazione di instabilità per il sistema operativo

Scrittura di file di testo

- Prima di scrivere caratteri in un *file di testo* occorre *aprire* il file in scrittura
  - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **PrintWriter**

Java 5.0

```
PrintWriter writer = new PrintWriter("file.txt");
```

  - il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa e può lanciare l'eccezione **IOException**, che deve essere gestita
    - *se il file non esiste, viene creato*
    - *se il file esiste, il suo contenuto viene sovrascritto con i nuovi contenuti*
    - *e se vogliamo aggiungere in coda al file senza cancellare il testo gia' contenuto?*

boolean append

```
FileWriter writer = new
    FileWriter("file.txt", true);
```

Scrittura di file di testo

- L'oggetto di tipo *FileWriter* non ha i comodi metodi **print()/println()**
  - è comodo creare un oggetto di tipo **PrintWriter** che incapsula l'esemplare di **FileWriter**, aggiungendo la possibilità di invocare **print()/println()** con qualsiasi argomento

```
FileWriter writer = new FileWriter("file.txt");
PrintWriter pw = new PrintWriter(writer);
pw.println("Ciao");
...
```

Scrittura di file di testo

- Al termine della scrittura del file occorre ***chiudere*** il file

```
PrintWriter writer = new FileWriter("file.txt");
...
writer.close();
```

- Anche questo metodo lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- ***Se non viene invocato non si ha un errore, ma è possibile che la scrittura del file non venga ultimata prima della terminazione del programma, lasciando il file incompleto***

```
/** Copia1.java -- copia un file di testo una riga alla
    volta
    i nomi dei file sono passati come parametri dalla
    riga di comando
*/
import java.io.FileReader;
import java.io.FileWriter;
import java.io.PrintWriter;
import java.io.IOException;
import java.util.Scanner;
public class Copia1
{ public static void main (String[] arg) throws
     IOException
  {
    Scanner in = new Scanner(new FileReader(arg[0]));
    PrintWriter out = new PrintWriter(new
      FileWriter(arg[1]));

    while (in.hasNextLine())
       out.println(in.nextLine());

    out.close(); //chiusura scrittore
    in. close(); //chiusura lettore
  }
}
```

Esempio:numerare le righe

```
/**
  NumeratoreRighe.java crea la copia di un file di testo
   numerandone le righe. I nomi dei file sono passati
   come parametri dalla riga di comando
*/
import java.io.IOException;
import java.io.FileReader;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.Scanner;
public class NumeraRighe
{ public static void main (String[] args) throws
     IOException
  {
    FileReader reader = new FileReader(args[0]);
    Scanner in = new Scanner(reader);
    PrintWriter out = new PrintWriter(args[1]);
    int numRiga = 0;
    while (in.hasNextLine())
    { numRiga++;
      out.println(numRiga + " " + in.nextLine());
    }
    out.close(); //chiusura scrittore
    in. close(); //chiusura lettore
  }
}
```

Copiare a caratteri un file di testo

```
/** Copia2.java -- copia un file di testo un carattere
    alla volta
    fare attenzione a non cercare di copiare un file
    binario con questo programma
 */
import java.io.FileReader;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
public class Copia2
{ public static void main (String[] arg) throws
     IOException
  {  FileReader in = new FileReader(arg[0]);
     FileWriter out = new FileWriter(arg[1]);
     int c = 0;
     while ((c = in.read()) != -1)
       out.write(c);
     out.close(); //chiusura scritture
     in.close();  //chiusura lettore
  }
}
```

Lettura di file binari

- Prima di ***leggere byte*** da un file (esistente) occorre ***aprire*** il file in ***lettura***
  - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileInputStream**

```
FileInputStream inputStream = new
   FileInputStream("file.bin");
```

  - il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa
  - se il file non esiste, viene lanciata l'eccezione **FileNotFoundException** che deve essere gestita

Lettura di file binari

- Con l'oggetto di tipo **FileInputStream** si può invocare il metodo **read()** che restituisce un ***intero*** (fra 0 e 255 o -1) a ogni invocazione, iniziando dal primo byte del file e procedendo fino alla fine del file stesso

```
FileInputStream in = new
   FileInputStream("file.bin");
while(true)
{  int x = in.read();      // read restituisce un
   if (x == -1) break;     // intero che vale -1
   byte b = (byte) x;      // se il file è finito
   // elabora b
} // il metodo lancia IOException, da gestire
```

- Non è possibile tornare indietro e rileggere caratteri già letti
  - bisogna creare un nuovo oggetto di tipo **FileInputStream**

Scrittura di file binari

- Prima di scrivere byte in un *file binario* occorre ***aprire*** il file in scrittura
  - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileOutputStream**

```
FileOutputStream outputStream = new
    FileOutputStream("file.txt");
```

  - il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa e può lanciare l'eccezione **IOException**, che deve essere gestita
    - ***se il file non esiste, viene creato***
    - ***se il file esiste, il suo contenuto viene sovrascritto con i nuovi contenuti***
    - ***e se vogliamo aggiungere in coda al file senza cancellare il testo gia' contenuto?***

```
FileOutputStream outputStream = new
    FileOutputStream("file.txt", true);
```

boolean append

Scrittura di file binario

- L'oggetto di tipo **FileOutputStream** ha il metodo write() che scrive un byte alla volta
- Al termine della scrittura del file occorre ***chiudere*** il file

```
FileOutputStream outStream = new
    FileOutputStream("file.txt");
...
outStream.close();
```

- Anche questo metodo lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- ***Se non viene invocato non si ha un errore, ma è possibile che la scrittura del file non venga ultimata prima della terminazione del programma, lasciando il file incompleto***

Gestione di file in Java

- Usando le classi
  - ***FileReader***, ***FileWriter*** e PrintWriter del pacchetto **java.io** è possibile manipolare, all'interno di un programma Java, più ***file di testo*** in lettura e/o più file in scrittura
  - ***FileInputStream*** e ***FileOutputStream*** del pacchetto **java.io** è possibile manipolare, all'interno di un programma Java, più ***file binari*** in lettura e/o più file in scrittura
  - I metodi read() e write() di queste classi sono gli unici metodi basilari di lettura/scrittura su file della libreria standard
  - Per elaborare linee di testo (o addirittura interi oggetti in binario) i flussi e i lettori devono essere combinati con altre classi, ad esempio Scanner o PrintWriter

Copiare un file binario

```
/**
 Copia3.java - copia un file binario un byte alla volta
*/
import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
public class Copia3
{
  public static void main (String[] arg) throws
    IOException
  {
    FileInputStream in = new FileInputStream(arg[0]);
    FileOutputStream out = new
       FileOutputStream(arg[1]);
    int c = 0;
    while ((c = in.read()) != -1)
       out.write(c);
    out.close(); //chiusura scrittore
    in.close();  //chiusura lettore
  }
}
```

Fine riga e EOF

Che cosa è il *fineriga*?

- Un file di testo è un file composto da caratteri (nel nostro caso da caratteri di un byte secondo la codifica ASCII)
- Il file è diviso in *righe* cioè in sequenze di caratteri terminati dalla *stringa fineriga*
- Il ***fineriga*** dipende dal sistema operativo
  - "\r\n" Windows ('\r' Carriage Return, '\'n Line Feed)
  - "\n" Unix – Linux
  - "\r" MAC OS
- L'uso di uno **`Scanner`** e del metodo **`nextLine()`** in ingresso, di un **`PrintWriter`** e del metodo **`println()`** in uscita, consentono di ignorare il problema della dipendenza del ***fineriga*** dall'ambiente in cui un'applicazione è utilizzata
- Se si elabora un file di testo un carattere alla volta è necessario gestire le differenze fra i diversi ambienti, in particolare il fatto che in due casi la stringa fineriga è di un carattere e nell'altro è composta da due caratteri

Che cosa è l'*End Of File* (EOF)

- La fine di un file (EOF) corrisponde alla fine dei dati che compongono il file
- L'EOF non è un carattere contenuto nel file!
- La condizione di EOF viene segnalata quando si cerca di leggere un byte o un carattere dopo la fine fisica del file
- Per segnalare la fine di un file da tastiera si usa una sequenza di controllo
  - Ctr z Windows
  - Ctr d Unix