Programmazione orientata agli oggetti
Ereditarietà

Incapsulamento e astrazione

- Lo stato di un oggetto:
  - Non è accessibile all'esterno
  - Può essere visto e manipolato solo attraverso i metodi
- Quindi: lo stato di un oggetto è protetto

  → Il modello ad oggetti supporta in modo naturale l'incapsulamento
- Dal momento che dall'esterno possiamo vedere solo i metodi c'è una separazione netta tra cosa l'oggetto è in grado di fare e come lo fa
- Abbiamo quindi una separazione netta fra interfaccia e implementazione

  → Il modello ad oggetti supporta in modo naturale l'astrazione

Dalla programmazione basata su oggetti all'OOP

- Vantaggi rispetto alla programmazione procedurale
  - Consente di realizzare programmi con struttura modulare in cui ogni modulo è indipendente dai dettagli implementativi degli altri
  - Consente di anche realizzare componenti riusabili (le classi)

  - **ma come ottengo un nuovo componente da uno già disponibile?**

Riutilizzo: approcci

- ricopiare manualmente il codice della classe esistente e cambiare quel che va cambiato

- Serve il codice sorgente
- Si duplicano di parti di codice …
- La stessa cosa, ripetuta tante volte (ogni volta ne serve una variante) … in manutenzione, devo operare su tante copie dello stesso codice: impensabile a farsi!!!

Ricopiare il codice ...

- Partiamo sempre dalla classe Counter:

```
public class Counter
{
 private int val;
 public void reset()
     { val = 0; }
 public void inc()
     { val++; }
public int getValue()
     { return val;}
  }
```

- **La classe BiCounter è per gran parte copia:**

```
public class BiCounter
{
 private int val;
 public void reset()
     { val = 0; }
 public void inc()
     { val++; }
public int getValue()
     { return val;}
public void dec()
     { val--; }
  }
```

Riutilizzo: approcci

- creare un oggetto composto (e usare delega)
  - **che incapsuli il componente esistente...**
  - **… gli "inoltri" le operazioni già previste…**
  - **… e crei, sopra di esso, le nuove operazioni richieste (eventualmente definendo nuovi dati)**

  - **Ma anche questo approccio è un po' ridondante (devo ridefinire tutti i metodi delegati)**

Esempio CounterDec come oggetto composto

Da Counter … al *contatore avanti/indietro (con decremento)*

```
public class CounterDec {
 private Counter c;
 public CounterDec() { c = new Counter(); }
 public CounterDec(int v){ c = new Counter(v); }
 public void reset() { c.reset(); }
 public void inc()   { c.inc(); }
 public int getValue() { return c.getValue(); }
 public void dec() {
   int v = c.getValue(); c.reset();
   for (int i=1; i<v; i++) c.inc(); }
}
```

Riutilizzo: approcci

- creare un oggetto composto (e usare delega)
  - **che incapsuli il componente esistente...**
  - **… gli "inoltri" le operazioni già previste…**
  - **… e crei, sopra di esso, le nuove operazioni richieste (eventualmente definendo nuovi dati)**
  - **Ma anche questo approccio è un po' ridondante (devo ridefinire tutti i metodi delegati)**
- specializzare (per ereditarietà) il tipo di componente

Ereditarietà - OOP

- Il modello orientato agli oggetti (object-oriented e non object-based) ci mette a disposizione uno strumento per fare quello che abbiamo appena descritto
- Questo strumento si chiama ereditarietà (inheritance)
- Grazie all'ereditarietà possiamo creare una nuova classe che estende un classe già esistente
- Su questa classe possiamo:
  - Introdurre nuovi comportamenti
  - Modificare i comportamenti esistenti

💣Attenzione: la classe originale non viene assolutamente modificata. Le modifiche vengono fatte sulla classe derivata

- E' un concetto del tutto nuovo: non esiste nulla di simile nella programmazione procedurale

Esempio di ereditarietà

- Partiamo sempre dalla classe Counter:

```
public class Counter
{
  private int val;
  public void reset()
   { val = 0; }
  public void inc()
   { val++; }
  public int getValue()
   { return val;}
}
```

- Counter implementa un contatore monodirezionale: può andare solo avanti

BiCounter

- Immaginiamo di aver bisogno di un contatore bidirezionale, che può andare avanti e indietro
- Ci troviamo nella situazione appena descritta: abbiamo una classe che va quasi bene ma non del tutto
- Vorremmo poter aggiungere un metodo, dec(), che permetta di decrementare il valore del contatore
- Con la programmazione object-based abbiamo due sole alternative:
  - Scrivere una nuova classe, che potremmo chiamare BiCounter: fattibile ma è un peccato rifare tutto da zero (piuttosto, oggetto composto e delega)
  - Modificare Counter, ma se facciamo un errore potremmo mettere in crisi tutti i programmi che usano già Counter

BiCounter con l'ereditarietà

- L'ereditarietà ci consente di trovare la situazione ottimale:

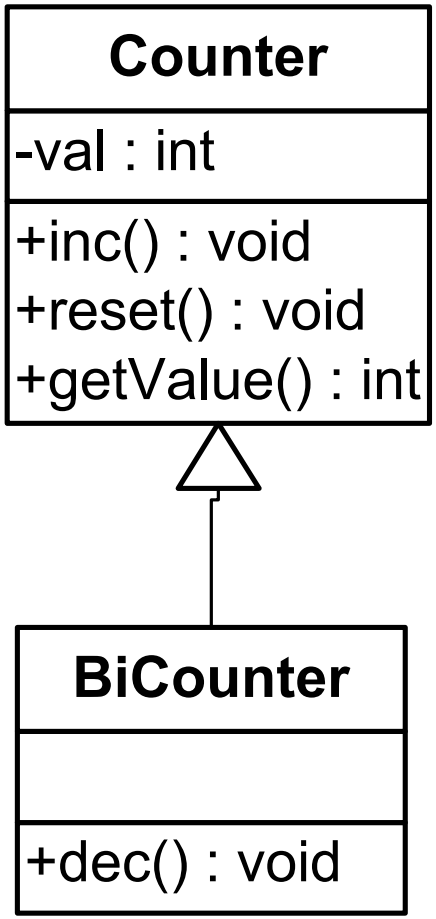
```
public class BiCounter extends Counter
{
 public void dec()
 { val--; }
}
```

- Questa nuova classe:
  - eredita da Counter il campo val (un int)
  - eredita da Counter tutti i metodi
  - aggiunge a Counter il metodo dec()
- Il segreto è nella parola chiave extends che ci dice che BiCounter non è una classe creata da zero, ma estende Counter riusandola in modo flessibile

Rappresentazione dell'ereditarietà in UML

- UML mette a disposizione una notazione grafica particolare per rappresentare l'ereditarietà
- Si usa una linea con un triangolo per collegare la classe che eredita da quella originale
- Il triangolo ha la parte larga (la base) rivolta verso la classe BiCounter per rappresentare l'idea di estensione

- Link is-a, BiCounter is-a Counter



Esempio di uso di BiCounter

- Vediamo un esempio di utilizzo:

```
public class EsempioBiCounter
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    BiCounter b1;
    b1 = new BiCounter();
    b1.inc(); // metodo ereditato
    b1.dec(); // metodo nuovo
    n = b1.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Come si può notare possiamo invocare sull'istanza di BiCounter sia il metodo dec() definito in BiCounter che il metodo inc() che BiCounter eredita da Counter

Programma completo…

```
public class Counter
{
  private int val;

  public void reset()
  { val = 0; }

  public void inc()
  { val++; }

  public int getValue()
  { return val;}
}
```

```
public class BiCounter extends Counter
{
  public void dec()
  {
    val--;
  }
}
```

ERRORE!

```
public class EsempioBiCounter
{
 public static void
   main(String Args[])
 {
   Counter c = new Counter();
   BiCounter c1 = new BiCounter();
     c1.inc();
     int n=c1.getValue();
     System.out.println(n);
    c1.dec();
     n=c1.getValue();
     System.out.println(n);
  }
}
```

C’è qualcosa che non va…

- Sembra tutto a posto, ma se si prova a compilare questo esempio si ottiene un errore nel metodo dec()

```
public void dec()
{ val--; } // questa riga dà un errore di compilazione!
```

- Il problema è che l’attributo val è stato definito in Counter come private e tutto quello che è private può essere visto e usato solo all’interno della classe che lo ha definito.
- Il metodo dec() appartiene a BiCounter, che è una classe diversa da Counter, e quindi gli attributi e gli eventuali i metodi privati di Counter non sono accessibili

La visibilità protected

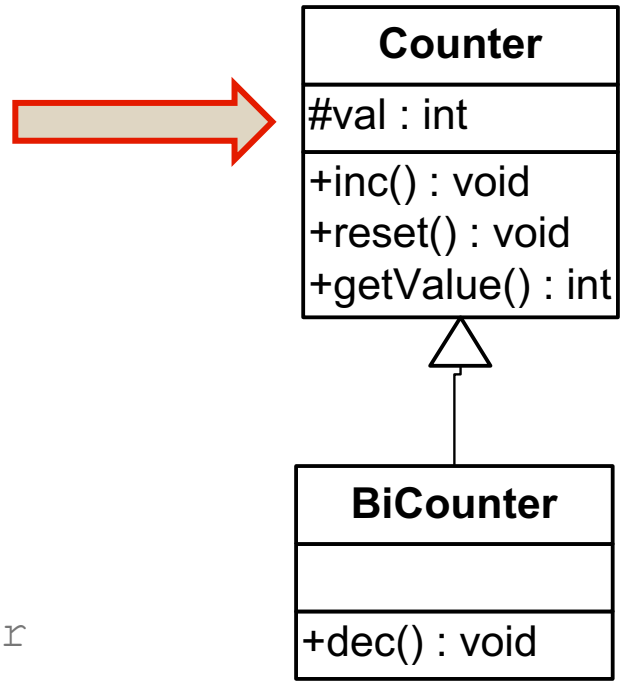
- Potremmo definire val come public, ma è una soluzione un po' eccessiva: val sarebbe visibile a tutti.
- E' evidente che serve un nuovo livello di visibilità.
- Java, come buona parte dei linguaggi ad oggetti, definisce a questo scopo il livello protected.
- Un attributo o metodo dichiarato protected è visibile nella classe che lo definisce e in tutte le classi che ereditano, direttamente o indirettamente, da essa.
- Attenzione: indirettamente vuol dire che se io definisco val come protected in Counter, val è accessibile in BiCounter, che eredita da Counter, ma anche in una eventuale classe SuperCounter che erediti da BiCounter

La soluzione corretta e notazione UML

- Vediamo la dichiarazione corretta di Counter e BiCounter:

```
public class Counter
{
  protected int val;
  public void reset()
  { val = 0; }
  public void inc()
  { val++; }
  public int getValue()
  { return val;}
}

public class BiCounter extends Counter
{
 public void dec()
 { val--; }
}
```



- In UML gli elementi protetti vengono indicati con il simbolo # (vedi a lato)

Cosi' funziona …

```
public class Counter
{
  protected int val;

  public void reset()
  { val = 0; }

  public void inc()
  { val++; }

  public int getValue()
  { return val;}
}
```

```
public class BiCounter extends Counter
{
  public void dec()
  {
    val--;
  }
}
```

```
public class EsempioBiCounter
{
 public static void
   main(String Args[])
 {
   Counter c =  new Counter();
   BiCounter c1 =  new BiCounter();
  c1.reset();
  c.inc();

  c.dec(); //NO
  }
}
```

Un po' di terminologia

- La relazione espressa in Java dalla parola chiave extends prende il nome di ereditarietà (inheritance)
- In una relazione di ereditarietà:
  - **La classe di partenza (nel nostro esempio Counter) prende il nome di classe base**
  - **La classe di arrivo (nel nostro caso BiCounter) prende il nome di classe derivata**
- Si dice anche che:
  - **BiCounter è una sottoclasse di Counter**
  - **Counter è una superclasse di BiCounter**
- Il fatto che usando BiCounter possiamo utilizzare metodi definiti Counter prende il nome di riuso

Ricapitolando

- L'ereditarietà è uno strumento, tipico della programmazione orientata agli oggetti (OOP)
- Ci consente di creare una nuova classe che riusa metodi e attributi di una classe già esistente
- Nella classe derivata (sottoclasse) possiamo fare tre cose:
  - **Aggiungere metodi**
  - **Aggiungere attributi**
  - **Ridefinire metodi (*lo vedremo in seguito*)**

💣Attenzione: non è possibile togliere né metodi né attributi

- Non a caso c'è la parola extends

Ereditarietà e costruttori - 1

- Abbiamo visto che quando usiamo l'ereditarietà la classe derivata (sottoclasse) eredita dalla classe base (superclasse):
  - Tutti gli attributi, anche quelli privati, a cui comunque i metodi della classe derivata non potranno accedere direttamente.
  - Tutti i metodi, anche quelli privati che le istanze della classe derivata non potranno usare direttamente
- Ma non eredita i costruttori: i costruttori sono specifici di una particolare classe: il costruttore di una classe non a caso ha il nome uguale alla classe
- Questo significa che quando creo un'istanza di BiCounter non viene invocato il costruttore di Counter ma il costruttore di default di BiCounter
- Dato che non ne abbiamo definito uno esplicitamente è quello creato automaticamente dal sistema

Ereditarietà e costruttori - 2

- Il fatto che vengano ereditati gli attributi implica che in ogni istanza della classe derivata abbiamo anche tutti gli attributi (lo stato) di un'istanza della classe base
- Alcuni di questi attributi non sono accessibili perché sono stati dichiarati come privati e quindi non abbiamo alcun modo per inizializzarli direttamente nel costruttore della classe derivata
- Ogni costruttore della classe derivata deve quindi invocare un costruttore della classe base affinché esso inizializzi gli attributi ereditati dalla classe base
- Ognuno deve costruire quello che gli compete

Ereditarietà e costruttori - 3

- Perché ogni costruttore della classe derivata deve invocare un costruttore della classe base?
- Per almeno tre motivi:
  - Solo il costruttore della classe base può sapere come inizializzare i dati ereditati in modo corretto
  - Solo il costruttore della classe base può garantire l'inizializzazione dei dati privati, a cui la classe derivata non potrebbe accedere direttamente
  - E' inutile duplicare nella sottoclasse tutto il codice necessario per inizializzare i dati ereditati, che è già stato scritto

Ereditarietà e costruttori - Super

- Ma come può un costruttore della classe derivata invocare un costruttore della classe base?
- Abbiamo visto che i costruttori non si possono mai chiamare direttamente!
- Occorre un modo consentire al costruttore della classe derivata di invocare un opportuno costruttore della classe base: la parola chiave super
- La definizione completa di BiCounter sarà quindi

```
public class BiCounter extends Counter
{
  public void BiCounter()
  { super(); }
  public void dec()
  { val--; }
}
```

Ereditarietà e costruttori - automatismi

- E se non indichiamo alcuna chiamata a super(...)?
- Il sistema inserisce automaticamente una chiamata al costruttore di default della classe base aggiungendo la chiamata a super().
- In questo caso il costruttore di default della classe base deve esistere, altrimenti si ha errore.

💣Attenzione: il sistema genera automaticamente il costruttore di default solo se noi non definiamo alcun costruttore!

- Se c'è anche solo una definizione di costruttore data da noi, il sistema assume che noi sappiamo il fatto nostro, e non genera più il costruttore di default automatico!

Esempi su costruttori da provare al computer
(altro plico di slide)

Overriding di metodi

Polimorfismo

Classe Object

Ricapitolando

- L'ereditarietà è uno strumento, tipico della programmazione orientata agli oggetti (OOP)
- Ci consente di creare una nuova classe che riusa metodi e attributi di una classe già esistente
- Nella classe derivata (sottoclasse) possiamo fare tre cose:
  - **Aggiungere metodi**
  - **Aggiungere attributi**
  - **Ridefinire metodi**

Attenzione: non è possibile togliere né metodi né attributi

- Non a caso c'è la parola extends

Esempio: Counter

- Partiamo da questo esempio:

```
public class Esempio
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    Counter c1;
    c1 = new Counter();
    c1.reset();
    for (int i=0;i<150;i++)
                c1.inc();
    n = c1.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Stampa 150

Ridefinizione di metodi

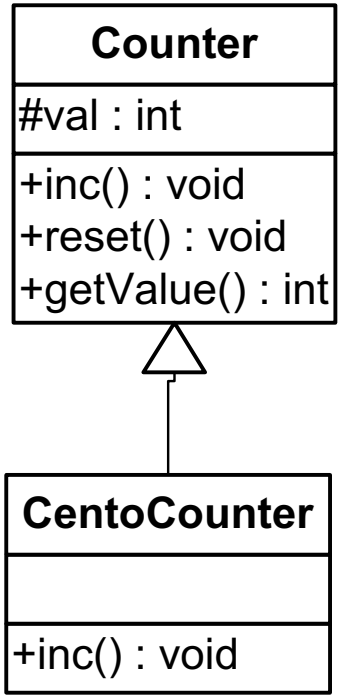
- Prendiamo in considerazione un altro esempio: ci serve un contatore monodirezionale che possa contare fino a 100 e non oltre
- Anche in questo caso Counter ci va quasi bene, ma non del tutto
- Però è un caso diverso un po' diverso dal precedente (BiCounter) perché non dobbiamo aggiungere un comportamento (metodo) ma cambiare il funzionamento di un metodo esistente (inc())
- L'ereditarietà consente di fare anche questo: se in una classe derivata ridefiniamo un metodo già presente nella classe base questo sostituisce il metodo preesistente.
- Questo meccanismo prende il nome di overriding (sovrascrittura)

Esempio: la classe CentoCounter

- Definiamo quindi la classe CentoCounter:

```
public class CentoCounter extends Counter
{
  public void inc()
  {
    if (val<100)
      val++;
  }
}
```

- Come possiamo vedere anche in questo caso usiamo la parola chiave extends,
- Però non aggiungiamo un metodo ma ne ridefiniamo uno già esistente (overriding)
- A lato vediamo la rappresentazione UML di questa situazione
- Vedremo in seguito che la scelta che abbiamo fatto pone dei problemi



Esempio di uso di CentoCounter

- Vediamo un esempio di utilizzo:

```
public class EsempioCentoCounter
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    CentoCounter c;
    c = new CentoCounter();
    c.reset();
    for(int i=1;i<=150;i++)
              c.inc(); // metodo ridefinito
    n = c.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Cosa stampa? 150 o 100?

Esempio di uso di CentoCounter

- Vediamo un esempio di utilizzo:

```
public class EsempioCentoCounter
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    CentoCounter c;
    c = new CentoCounter();
    c.reset();
    for(int i=1;i<=150;i++)
              c.inc(); // metodo ridefinito
    n = c.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Stampa 100: CentoCounter sovrascrive con una sua versione il metodo inc() ereditato da Counter

(Altri) Esempi al calcolatore su:

1) Costruttori ed ereditarietà

2) Subtyping e Polimorfismo

3) Overriding

4) Object

Overriding

- Se l'ereditarietà consentisse solo l'aggiunta di metodi non ci sarebbe molto altro da dire
- Sappiamo invece che è anche possibile la ridefinizione di un metodo esistente (overriding)
- Abbiamo visto che questo meccanismo aggiunge una notevole flessibilità ai meccanismi di riuso
- Ma oltre a ciò, la combinazione tra subtyping e overriding apre nuove prospettive…
- … ma anche qualche possibile fonte di confusione!

Sostituibilità: Counter e CentoCounter - 1

- Consideriamo sempre la classe CentoCounter che, come BiCounter, è una sottoclasse di Counter

```
public class CentoCounter extends Counter
{
  public void inc()
  {
    if (val<100) val++;
  }
}
```

Sostituibilità: Counter e CentoCounter - 2

- Modifichiamo l'esempio (main) usando un'istanza di CentoCounter ma ...
- Definiamo il reference come Counter, e creiamo l'istanza come CentoCounter nel main
- Poi stampiamone il valore
- Cosa stampa?

Sostituibilità: Counter e CentoCounter - 3

- Nel nostro (nuovo) esempio:

```
public class Esempio
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    Counter c1;
    c1 = new CentoCounter();
    c1.reset();
    for (int i=0;i<150;i++)
                c1.inc();
    n = c1.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Cosa stampa? 100 o 150?
- Chi prevale? Il tipo del reference o il tipo dell'istanza?

Sostituibilità: Counter e CentoCounter - 2

- Sostituendo un'istanza di Counter con una di CentoCounter, nel nostro esempio:

```
public class Esempio
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    Counter c1;
    c1 = new CentoCounter();// Era c1=new Counter()
    c1.reset();
    for (int i=0;i<150;i++)
      c1.inc();
    n = c1.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- Il programma scrive a video: Valore: 100

Violazioni di sostituibilità

- Cosa è successo?
- Ridefinendo il metodo inc() in CentoCounter abbiamo fatto saltare la sostituibilità fra Counter e CentoCounter
- La classe derivata non è più sostituibile con la classe base → diversa implementazione di inc()
- Il pasticcio è nato dalla combinazione di due fattori:
  - Abbiamo **ridefinito un metodo (overriding)**
  - Nel ridefinirlo abbiamo ristretto il comportamento della classe derivata
- L'errore è stato quello di usare l'ereditarietà per restringere e non per estendere
- Non a caso la parola chiave che Java usa per indicare i legami di ereditarietà è extends

Riassumendo

- L'ereditarietà va sempre usata per estendere
- Se si usa l'ereditarietà per restringere si viola la sostituibilità tra superclasse e sottoclasse
- Questo è il motivo per cui quando si eredità non è consentito eliminare metodi
- Aggiungendo metodi non ci corrono rischi …

- … tuttavia:

💣 Attenzione: quando si ridefinisce un metodo c'è un potenziale rischio: bisogna sempre operare in modo da non restringere il comportamento del metodo originale

Overriding e overloading

Overriding e overloading

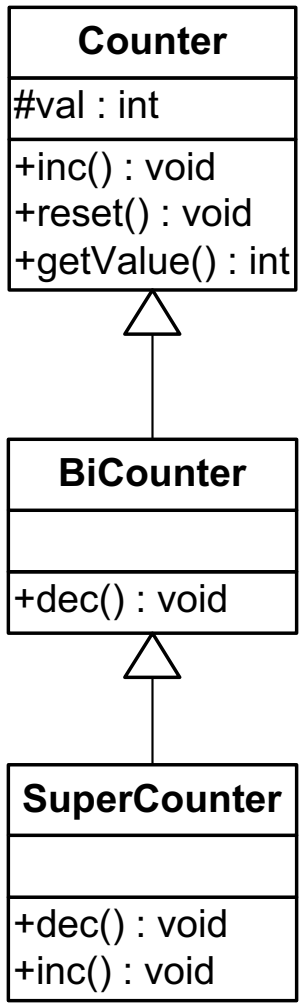
- Attenzione: non bisogna assolutamente confondere l'overloading con l'overriding!
  - L'overloading ci permette di creare un nuovo metodo con lo stesso nome ma parametri diversi
  - Il nuovo metodo si affianca a quello già esistente, che continua a poter essere utilizzato
  - L'overriding ci permette di ridefinire un metodo esistente: il metodo ridefinito deve avere lo stesso nome e gli stessi parametri
  - Il nuovo metodo sostituisce quello preesistente che non è più accessibile nella classe derivata
- Attenzione: se per caso ci sbagliamo e nel fare un overriding cambiamo il tipo di un parametro, Java lo interpreta come un overloading!

Esempio su overriding e overloading

- Vogliamo derivare da BiCounter la classe SuperCounter che permette di fare incrementi e decrementi di valore specificato

```
public class SuperCounter
   extends BiCounter
{
   public void inc(int n)
   { val = val + n; }
   public void dec(int n)
   { val = val - n; }
}
```

- In questo caso abbiamo overloading e non overriding: i metodi inc() e dec() di BiCounter rimangono accessibili e vengono affiancati da inc(int n) e dec(int n)



Esempio di uso di SuperCounter

- Vediamo un esempio di utilizzo:

```
public class EsempioSuperCounter
{
   public static void main(String[] args)
   {
    int n;
    SuperCounter c;
    c = new SuperCounter();
    c.reset();
    c.inc();           // metodo ereditato da Couter
    c.inc(100); // metodo definito in SuperCounter
    c.dec();           // metodo ereditato da BiCouter
    c.dec(100); // metodo definito in SuperCounter
    n = c.getValue();
    System.out.println(n);
   }
 }
```

- SuperCounter aggiunge una versione dei metodi inc() e dec() a quelle ereditate da Counter e BiCounter

Ancora su super

- La parola chiave super non è limitata solo ai costruttori.
- Nella forma super(...) invoca un costruttore della classe base ma può essere usata ovunque ci sia il bisogno di invocare un metodo della classe base
- Quando noi ridefiniamo un metodo (overriding) rendiamo invisibile il metodo della classe base
- Se all'interno del metodo ridefinito vogliamo invocare quello originale possiamo usare super
- Nella classe CentoCounter avremmo potuto scrivere così:

```
public class CentoCounter extends Counter
{
  public void inc()
  {
    if (val<100)
     super.inc();
  }
}
```

- E' una forma ancora più flessibile di riuso: in questo modo riusiamo il metodo originale aggiungendo solo quello che ci serve

Esempio array

```
public class EsempioArray {
   public static void main(String[] args) {
      int n;
      Counter [] a;
      a = new Counter[4];
      a[0]=new Counter(); a[1]=new BiCounter();
      a[2]=new CentoCounter(); a[3]=new SuperCounter();
      for (int i=0; i<4;i++) {
            a[i].reset();
            a[i].inc();
            n=a[i].getValue();
            System.out.println(n); }
      }
   }
```

- possiamo utilizzare un'istanza di una sottoclasse al posto di un istanza di una superclasse
- Questo perché ogni sottoclasse è un sottotipo (subtyping)