Progettazione del Software

Programmazione in Java (2)

Domenico Fabio Savo

Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale Antonio Ruberti

Sapienza Università di Roma

Le slide di questo corso sono il frutto di una rielaborazione di analogo materiale redatto da Marco Cadoli, Giuseppe De Giacomo, Maurizio Lenzerini e Domenico Lembo

Struttura di un programma Java

- Una *classe* è un aggregato di *campi*, che possono essere **dati**, **funzioni**, **classi**.

- La definizione di una classe è contenuta in un *file*, e un file contiene una o più definizioni di classi, una sola delle quali può essere `public`.

- Un *package* è una collezione di classi.

- Un file (con tutte le classi in esso contenute) appartiene ad uno ed un solo package.

- Un *programma* è una collezione di una o più classi, appartenenti anche a diversi package. Una di queste classi deve contenere la funzione che è il punto di accesso per l'esecuzione del programma (`main()`).

Package

- Esistono nella libreria standard Java molti package (ad esempio `java.io`)

- Un **nuovo** package `mio_pack` viene dichiarato scrivendo all'inizio di un file `F.java` la dichiarazione:

```
package mio_pack;
```

- La stessa dichiarazione in un altro file `H.java`, dichiara che anche quest'ultimo appartiene allo stesso package.

- Se un file non contiene una dichiarazione di package, allora alle classi di tale file viene associato automaticamente un package di default, il cosiddetto *package senza nome*.

Uso dei package

Se, in un file G.java, vogliamo usare una classe C definita nel package mio_pack, possiamo usare due metodi:

1. riferirci ad essa mediante mio_pack.C (oppure semplicemente C, se essa è definita nel package senza nome);

2. scrivere all'inizio del file G.java una delle seguenti dichiarazioni:

```
import mio_pack.C; // semplifica il riferimento alla classe C
                   // del package mio_pack
import mio_pack.*; // semplifica il riferimento a tutte le classi
                   // del package mio_pack
```

   A questo punto, possiamo riferirci alla classe mediante C (senza specificare esplicitamente che appartiene a mio_pack).

Struttura dei package e dei direttori

Tutti i file relativi al package `mio_pack` devono risiedere in un **direttorio** dal nome `mio_pack`.

È possibile definire altri package con un nome del tipo `mio_pack.mio_subpack`.

In tal caso, tutti i file relativi al package `mio_pack.mio_subpack` devono risiedere in un **sottodirettorio** di `mio_pack` dal nome `mio_subpack`.

La dichiarazione `import mio_pack.*;` **non significa** che stiamo importando anche da `mio_pack.mio_subpack`.

Se desideriamo fare ciò, dobbiamo dichiararlo **esplicitamente** mediante la dichiarazione `import mio_pack.mio_subpack.*;`

Esempio 1 - uso di package

```
// File mio_package/C.java
package mio_package;

public class C{
  public void F_C(){
    System.out.println("Sono F_C()");
  }
}

// File Esempio1.java
// uso package

import mio_package.*;    // importo mio_package.*

public class Esempio1 {
  public static void main(String[] args) {
    Cc = new C();
    c.F_C();
  }
}

//Nota: posso usare C definita in mio_package, usando il "nome corto"
```

Esempio 2 - uso di package

```
// File mio_package/C.java
package mio_package;

public class C{
  public void F_C(){
    System.out.println("Sono F_C()");
  }
}

// File Esempio2.java
// uso package

//Nota: non importo mio_package.*

public class Esempio2 {
  public static void main(String[] args) {
    mio_package.C c = new mio_package.C();
    c.F_C();
  }
}

//Nota: posso usare C definita in mio_package, madevo usare il "nome lungo"
```

Esempio 3 - uso di package e subpackage (1/2)

```
// File mio_package/C.java
package mio_package;

public class C{
  public void F_C(){
    System.out.println("Sono F_C()");
  }
}


// File mio_package/mio_subpackage/D.java
package mio_package.mio_subpackage;
public class D{
  public void F_D(){
    System.out.println("Sono F_D()");
  }
}
```

Esempio 3 - uso di package e subpackage (2/2)

```
// File Esempio3.java
// uso package

import mio_package.*;
// Nota: non importo mio_package.mio_subpackage.*

public class Esempio3 {
  public static void main(String[] args) {
    Cc = new C();
    c.F_C();
    mio_package.mio_subpackage.D d = new mio_package.mio_subpackage.D();
    d.F_D();
  }
}

//Nota: per usare C posso usare il "nome corto"
//      per usare D devo usare il "nome lungo"
```

Esempio 4 - uso di package e subpackage (1/2)

```
// File mio_package/C.java
package mio_package;

public class C{
  public void F_C(){
    System.out.println("Sono F_C()");
  }
}

// File mio_package/mio_subpackage/D.java
package mio_package.mio_subpackage;
public class D{
  public void F_D(){
    System.out.println("Sono F_D()");
  }
}
```

Esempio 4 - uso di package e subpackage (2/2)

```
// File Esempio4.java
// uso package

import mio_package.mio_subpackage.*;
// Nota: non importo mio_package.*

public class Esempio4 {
  public static void main(String[] args) {
    mio_package.C c = new mio_package.C();
    c.F_C();
    Dd = new D();
    d.F_D();
  }
}

//Nota: per usare C devo usare il "nome lungo"
//      per usare D posso usare il "nome corto"
```

Esercizio 1: package

```
// File Esempio5.java
import java.io.*;

public class Esempio5 {
  public static void main(String[] args) throws IOException {
    // stampa su schermo il file passato tramite linea di comando
    FileInputStream istream = new FileInputStream(args[0]);
    BufferedReader in = new BufferedReader(new InputStreamReader(istream));
    String linea = in.readLine();
    while(linea != null) {
      System.out.println(linea);
      linea = in.readLine();
    }
    in.close();
  }
}
```

Riscrivere il programma eliminando la dichiarazione `import java.io.*;`.

Soluzione esercizio 1

Livelli di accesso di una classe

Una classe può essere specificata con **due** livelli di accesso:

1. `public`
2. non qualificato (è il *default*)

Se una classe è dichiarata `public` allora è accessibile fuori dal package al quale appartiene, altrimenti è accessibile solo all'interno del package al quale appartiene.

Maggiori dettagli sull'accessibilità a classi e campi di classi verranno dati in seguito

Derivazione fra classi

È possibile dichiarare una classe D come *derivata* da una classe B.

```
class B {                                   // CLASSE BASE
  int x;
  void G() { x = x * 20 }
  //...
}


class D    extends   B {                    // CLASSE DERIVATA
  void H()  { x =x * 10; }
  //...
}
```

Principi fondamentali della derivazione

I quattro **princìpi fondamentali** del rapporto tra classe derivata e classe base:

1. Tutte le proprietà definite per la classe base vengono **implicitamente definite** anche nella classe derivata, cioè vengono **ereditate** da quest'ultima.

   Ad esempio, implicitamente la classe derivata `D` ha:
   - un campo dati `int x;`
   - una funzione `void G()`

2. La classe derivata può avere **ulteriori proprietà** rispetto a quelle ereditate dalla classe base.

   Ad esempio, la classe `D` ha una funzione `void H()`, in più rispetto alla classe base `B`.

Principi fondamentali della derivazione (cont.)

3. Ogni oggetto della classe derivata **è anche** un oggetto della classe base.

   Ciò implica che è possibile usare un oggetto della classe derivata **in ogni situazione o contesto** in cui si può usare un oggetto della classe base.

   Ad esempio, i seguenti usi di un oggetto di classe D sono leciti.

```
  static void stampa(B bb) {
    System.out.println(bb.x);
  }
//...
D d = new D();
d.G();      // OK: uso come ogg. di invocazionedi funz.definita in B
stampa(d); // OK: uso come argomento in funz. definita per B
```

La classe D *è* compatibile *con la classe* B

Principi fondamentali della derivazione (cont.)

4. **Non è vero che** un oggetto della classe base è anche un oggetto della classe derivata.

   Ciò implica che **non è possibile** usare un oggetto della classe base laddove si può usare un oggetto della classe derivata.

```
B b = new B();
// b.H();
//    ^
// Method H() not found in class B.

// d = b;
//   ^
// Incompatible type for =. Explicit cast needed to convert B to D.

b = d;      // OK: D al posto di B
```

Esercizio 2: derivazione

Scrivere le classi **Azienda** e **Dipendente**. Una azienda ha un nome (una stringa). Il nome può essere letto o modificato attraverso specifici metodi. Di un dipendente vogliamo sapere il nome, il cognome e l'azienda (unica) per cui lavora. Possiamo modificare nome, cognome ed azienda attravverso opportuni metodi.

Scrivere una classe **Dirigente** derivata dalla classe **Dipendente**, che contiene anche l'informazione sul grado dirigenziale ricoperto (un intero). Il grado dirigenziale può essere letto e modificato attraverso opportuni medoti.

Soluzione esercizio 2

Soluzione esercizio 2

Gerarchie di classi

Una classe derivata può a sua volta fungere da classe base per una **successiva derivazione**.

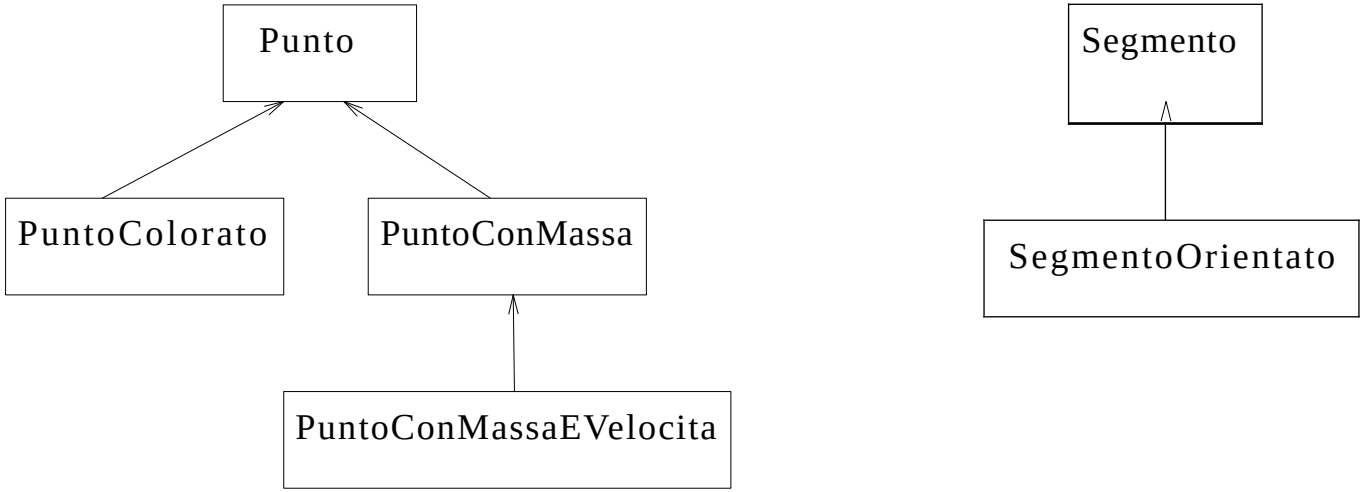
Ogni classe può avere **un numero qualsiasi** di classi derivate.

```
class B { ...
class D extends B{...
class D2 extends B {...
```

Una classe derivata può avere **una sola classe base**, (in Java non esiste la cosiddetta *ereditarietà multipla*).

Java supporta una sorta di ereditarietà multipla attraverso le *interfacce (maggiori dettagli in seguito)*.

Gerarchie di classi: esempio



Esercizio 3: gerarchie di classi

Ignorando le funzioni e i livelli d’accesso dei campi, realizzare in Java la gerarchia di classi della figura precedente.

Soluzione esercizio 3

Significato dell'assegnazione

Abbiamo visto che, in base al principio dell'ereditarietà, la seguente istruzione è lecita:

```
class B { /*...*/ }                    // CLASSE BASE
class D extends B {   /*...*/     } // CLASSE DERIVATA
// ...
D d = new D();
B b = d;                               // OK: D al posto di B
```

- **Non viene creato** un nuovo oggetto.
- Esiste **un solo oggetto**, di classe D, che viene denotato:
  - **sia** con un riferimento d di classe D,
  - **sia** con un riferimento b di classe B.

Casting

Non è possibile accedere ai campi della classe D attraverso b. Per farlo dobbiamo prima fare un **casting**.

```
// File Esempio7.java
class B { }
class D extends B { int x_d; }

public class Esempio7 {
  publicstaticvoid   main(String[] args) {
    D d = new D();
    d.x_d = 10; B
      b = d;
    System.out.println(((D)b).x_d);   // CASTING
  }
}
```

Casting (cont.)

Il casting fra classi che sono nello stesso cammino in una gerarchia di derivazione `e sempre *sintatticamente* corretto, ma **`e responsabilit`a del programmatore** garantire che lo sia anche *semanticamente*.

```
// File Esempio8.java
class B { }
class D extends B { int x_d; }

public class Esempio8 {
  publicstaticvoid   main(String[] args) {
    B b =new  B();
    D d = (D)b;
    System.out.println(d.x_d); //ERRORE SEMANTICO: IL CAMPO x_d NON
                               //ESISTE
    // java.lang.ClassCastException: B
    //  at Esempio19.main(Compiled Code)
  }
}
```

Esercizio 4: casting

Con riferimento al seguente frammento di codice, scrivere una funzione `main()` che contiene un uso semanticamente corretto ed un uso semanticamente scorretto della funzione `f()`.

```
class B { }
class D extends B { int x_d; }
// ...
  static void f(B bb) {
    ((D)bb).x_d = 2000;
    System.out.println(((D)bb).x_d);
  }
```

Soluzione esercizio 4

Livelli di accesso dei campi di una classe

Un campo di una classe (dato, funzione o classe) può essere specificato con uno fra **quattro** livelli di accesso:

1. public,
2. protected,
3. private,
4. non qualificato (è il *default*, intermedio fra protetto e privato).

Regole di visibilità tra campi

IL METODO B VEDE IL CAMPO A?

METODO B \ IN \ CAMPO A	public	protected	non qual.	private	
STESSA CLASSE	SI	SI	SI	SI	1
CLASSE STESSO PACKAGE	SI	SI	SI	NO	2
CLASSE DERIVATA PACKAGE DIVERSO	SI	SI	NO	NO	3
CL. NON DERIVATA PACKAGE DIVERSO	SI	NO	NO	NO	4

NOTA: Decrescono i diritti

NOTA: Decrescono i diritti

Commento sulle regole di visibilità

Le regole di visibilità vengono sfruttate per aumentare l'*information hiding*.

Ricordiamo che uno dei princìpi di buona modularizzazione è che l'information hiding deve essere **alto**.

In base a questo principio, i campi dati **non sono mai pubblici**, ma **privati** o **protetti**.

In tal modo diamo al cliente un **accesso controllato** ai campi dati, mediante le funzioni pubbliche.

Visibilità: esempio

```
// File Esempio6.java

class C {
  private int x, y;
  public C(int a, int b) { x = a; y = b; }
  public void stampa() { System.out.println("x: " + x + ", y: " + y); }
}

class Esempio6 {
  public static void main(String[] args) {
    C c = new C(7,12);   // OK: il costruttore di C e' pubblico
    c.stampa();          // OK: la funzione stampa() di C e' pubblica
  //    int val = c.x;   // NO: il campo x e' privato in C
  //                ^
  //Variable x in class C not accessible from class Esempio6.
  }
}
```

Esercizio 5: visibilità

Verificare, tramite opportuni frammenti di codice, la veridicità delle regole di visibilità della tabella vista in precedenza.

Soluzione esercizio 5

Soluzione esercizio 5

Soluzione esercizio 5

Derivazione e regole di visibilità

Una classe D derivata da un'altra classe B, anche se in un package diverso, ha una relazione particolare con quest'ultima:

- **non è un cliente qualsiasi** di B, in quanto vogliamo poter usare oggetti di D al posto di quelli di B;

- **non coincide** con la classe B.

Per questo motivo, è possibile che B voglia mettere a disposizione dei campi (ad esempio i campi dati) solo alla classe D, e non agli altri clienti. In tal caso, questi campi devono essere dichiarati **protetti** (e non privati).

Ciò garantisce al progettista di D di avere accesso a tali campi (vedi tabella delle regole di visibilità), **senza tuttavia garantire tale accesso ai clienti generici** di B.

Costruttori di classi derivate

Al momento dell'invocazione di un costruttore della classe derivata, se il costruttore della classe derivata non contiene esplicite chiamate al costruttore della classe base (vedi dopo), viene chiamato **automaticamente** anche il costruttore senza argomenti della classe base.

Ciò avviene:

- sia se la classe base ha il costruttore senza argomenti standard,
- sia se la classe base ha il costruttore senza argomenti definito esplicitamente,
- sia se la classe non ha il costruttore senza argomenti(!), in questo caso si ha un errore di compilazione.

```
class B { ... }
class D extends B { ... }

...
D d = new D(); // invoca il costruttore senza argomenti di B()
               // e quello di D()
```

Costruttori di classi derivate (cont.)

Il costruttore senza argomenti della classe base viene invocato:

- **anche se non definiamo** alcun costruttore per la classe derivata (che ha quindi quello standard senza argomenti),

- **prima** del costruttore della classe derivata (sia quest'ultimo definito esplicitamente oppure no).

Costruttori di classi derivate: esempio

```
// File Esempio9.java

class B1{ protected int x_b1; }
class D1extends B1{ protected int x_d1; } // OK: B1 ha cost. senza arg.

class B2{
  protected int x_b2;
  public B2() { x_b2=10; }
}
class D2extends B2{ protected int x_d2; } // OK: B2 ha cost. senza arg.

class B3{
  protected int x_b3;
  public B3(int a) { x_b3=a; }
}
// class D3extends B3{ protected int x_d3; } // NO: B3 NON ha c. senza arg.
//       ^
// Noconstructor matching B3() found in class B3.
```

Costruttori di classi derivate: uso di super()

Se la classe base ha costruttori con argomenti, è probabile che si voglia **riusarli**, quando si realizzano le classi derivate.

È possibile invocare esplicitamente un costruttore qualsiasi della classe base **invocandolo**, nel corpo del costruttore della classe derivata.

Ciò viene fatto mediante il costrutto `super()`, che deve essere la *prima istruzione eseguibile* del corpo del costruttore della classe derivata.

Uso di super() nei costruttori: esempio

```
// File Esempio10.java
class B{
  protected int x_b;
  public B(int a) {  // costruttore della classe base
    x_b = a;
  }
}

class Dextends B{
  protected int x_d;
  public D(int b, int c) {
    super(b);          // RIUSO del costruttore della classe base
    x_d = c;
  }
}

class Esempio10 {
  public static void main(String[] args) {
    Dd = new D(3,4);
    }
}
```

Costruttori di classi derivate: riassunto

Comportamento di un costruttore di una classe D derivata da B:

1. **se** ha come prima istruzione `super()`, allora viene chiamato il costruttore di B esplicitamente invocato;

   altrimenti viene chiamato il costruttore senza argomenti di B;

2. viene eseguito il corpo del costruttore.

Questo vale **anche per il costruttore standard** di D senza argomenti (come al solito, disponibile se e solo se in D non vengono definiti esplicitamente costruttori).

Esercizio 6: costruttori e gerarchie di classi

Facendo riferimento alla gerarchia di classi vista in precedenza, riprogettare le classi Punto, PuntoColorato, PuntoConMassa e PuntoConMassaEVelocita tenendo conto del livello d'accesso dei campi e con i seguenti costruttori:

Punto: con tre argomenti (le tre coordinate) e zero argomenti (nell'origine);

PuntoColorato: con quattro argomenti (coordinate e colore);

PuntoConMassa: con un argomento (massa); deve porre il punto nell'origine degli assi;

PuntoConMassaEVelocita: con due argomenti (massa e velocità); deve porre il punto nell'origine degli assi.

Soluzione esercizio 6 (1/2)

Soluzione esercizio 6 (2/2)

Nota: riuso di costruttori in una classe – this()

- È possibile **riusare** i costruttori già definiti anche nell'ambito di una stessa classe.

- Ciò viene fatto mediante il costrutto `this()`, analogo a `super()`, che analogamente deve essere la ***prima*** *istruzione* del corpo del costruttore della classe.

Nota: riuso di costruttori in una classe – this()

```
public class Persona {
  private String nome;
  private String residenza;

  public Persona(String n, String r) {
    nome = n;
    residenza  = r;
  }

  public Persona(String n) {
    this(n, null);
  }

  public Persona() {
    this("Mario Rossi");
  }
  ...
}
```

Si noti che l'uso contemporaneo di `this()` e `super()` in uno stesso costruttore non è possibile, poiché entrambi dovrebbero essere la prima istruzione del costruttore. D'altra parte l'uso contemporaneo di entrambi nello stesso costruttore non avrebbe senso.

Derivazione e overloading

E` possibile fare **overloading** di funzioni ereditate dalla classe base esattamente come lo si può fare per le altre funzioni.

```
public class B {
  public void f(int i) { ... }
}

public class D extends B {
  public void f(String s) { ... } // OVERLOADING DI f()
}
```

La funzione `B.f(int)` ereditata da `B` **è ancora accessibile** in `D`.

```
D d = new D();
d.f(1);        // invoca f(int) ereditata da B
d.f("prova"); // invoca f(String) definita in D
```

Overriding di funzioni

Nella classe derivata è possibile anche fare **overriding** (dall'inglese, *ridefinizione*, *sovrascrittura*) delle funzioni della classe base.

Fare overriding di una funzione `f()` della classe base `B` vuol dire definire nella classe derivata `D` una funzione con lo stesso nome, lo stesso numero e tipo di parametri della funzione `f()` definita in `B`. Si noti che **il tipo di ritorno delle due funzioni deve essere identico**.

```
public class B{
  public void f(int i) { ... }
}

public class D extends B{
  public void f(String s) { ... } //OVERLOADING DI f()
  public void f(int n) { ... }    //OVERRIDING DI f()
}
```

Overriding di funzioni: esempio

```
// File Esempio11.java
class B{
  public void f(int i) { System.out.println(i*i); }
  }

class D extends B{
  public void f(String s) { // OVERLOADING DI f()
    System.out.println(s); }

  public void f(int n) {        // OVERRIDING DI f()
    System.out.println(n*n*n); }
}

public class Esempio11 {
  public static void main(String[] args) {
    B b = new B();
    b.f(5);          // stampa 25
    D d = new D();
    d.f("ciao");     // stampa ciao
    d.f(10);         // stampa 1000
    }
}
```

Overriding e riscrittura

Su oggetti di tipo `D` **non è più possibile invocare** `B.f(int)`.

È ancora possibile invocare `B.f(int)` **solo dall'interno della classe** `D` attraverso un campo predefinito `super` (analogo a `this`).

Riassunto overloading e overriding

	OVERLOADING	OVERRIDING
nome della funzione	uguale	uguale
tipo restituito	qualunque	uguale
numero e/o tipo argomenti	diverso	uguale
relazione con la funzione della classe base	coesiste con la funzione della classe base	cancella la funzione della classe base

Esercizio 7: overriding e compatibilità

```
// File Esercizio7.java
class B{
  protected int c =1;
  void stampa() { System.out.println("c: " +c); }
}
class D extends B{
  protected int e =2;
  void stampa() {
    super.stampa();
    System.out.println("e: "+e);
  }
}
public class Esercizio7 {
  public static void main(String[] args) {
    B b  =new B();      b.stampa();
    B b2 =new D();      b2.stampa();
    D d  =new D();      d.stampa();
 //   Dd2 =new B();       d2.stampa(); //non permesso
  }
}
```

Cosa stampa il programma?

Soluzione esercizio 7

```
// File Esercizio7.java
class B{
  protected int c=1;
  void stampa() { System.out.println("c: " +c); }
}
class Dextends B{
  protected int e=2;
  void stampa() {
    super.stampa();
    System.out.println("e: "+e);
  }
}
public class Esercizio7 {
  public static void main(String[] args) {
    B b   =new B();      b.stampa();
    Bb2 =new D();        b2.stampa();
    D d   =new D();      d.stampa();
 //    Dd2 =new B();        d2.stampa(); //non permesso
  }
}
```

Cosa stampa il programma?

Overriding di funzioni: late binding

Invocando `f(int)` su un oggetto di `D` viene invocata **sempre** `D.f(int)`, **indipendentemente** dal fatto che esso sia denotato attraverso un riferimento `d` di tipo `D` o un riferimento `b` di tipo `B`.

```
public class B{
  public void f(int i) { ... }
}

public class D extends B{
  public void f(int n) { ... }
}
// ...
D d = new D();
d.f(1); // invoca D.f(int)
B b = d; // OK: classe derivata usata al posto di classe base
b.f(1);  // invoca di nuovo D.f(int)
```

Late binding (cont.)

Secondo il meccanismo del **late binding** la scelta di quale funzione invocare non viene effettuata durante la compilazione del programma, **ma durante l'esecuzione**.

```
public static void h(B b)  { b.f(1); }
// ...
B bb = new B();
D d = new D();
h(d);     // INVOCA D.f(int)
h(bb);    // INVOCA B.f(int)
```

Il gestore run-time riconosce **automaticamente** il tipo dell'oggetto di invocazione:

`h(d)`: `d` denota un oggetto della classe `D`;
viene invocata la funzione `f(int)` definita in `D`.

`h(bb)`: `bb` denota un oggetto della classe `B`;
viene invocata la funzione `f(int)` definita in `B`.

Esercizio 8: cosa fa questo programma?

```
// File Esercizio8.java
class B{
  protected int id;
  public B(int i) { id =i; }
  public boolean get() { return id <0; }
}

class D extends B{
  protected char ch;
  public D(int i, char c) {
    super(i);
    ch =c;
  }
  public boolean get() { return ch != 'a'; }
}

public class Esercizio8 {
  public static void main(String[] args) {
    D d =new D(1,'b');
    B b =d;
    System.out.println(b.get());
    System.out.println(d.get());
  }
}
```

Soluzione esercizio 8

Overriding e livello d'accesso

Nel fare overriding di una funzione della classe base è possibile cambiare il livello di accesso alla funzione, **ma solo allargandolo**.

```
// File Esempio13.java
class B {
  protected void f(int i) { System.out.println(i*i); }
  protected void g(int i) { System.out.println(i*i*i); }
}

class D extends B {
  public void f(int n) { System.out.println(n*n*n*n); }
  //  private void g(int n) {
  //                ^
  // Methods can't be overridden to be more private.
  // Method void g(int) is protected in class B.
  //    System.out.println(n*n*n*n*n); }
}
```

Impedire l'overriding: final

Qualora si voglia **bloccare l'overriding** di una funzione la si deve dichiarare final.

Anche una classe può essere dichiarata final, impedendo di derivare classi dalla stessa e rendendo implicitamente final tutte le funzioni della stessa.

```
// File Esempio14.java
class B {
  public final void f(int i) { System.out.println(i*i); }
}
class D extends B {
// public void f(int n) { System.out.println(n*n*n*n); }
// Final methods can't be overriden. Method void f(int) is final in class B.
}
final class BB {}
// class DD extends BB {}
// Can't subclass final classes: class BB
```

Sovrascrittura dei campi dati

Se definiamo nella classe derivata una variabile con lo stesso nome e di diverso tipo di una variabile della classe base, allora:

- la variabile della classe base **esiste ancora** nella classe derivata, ma non può essere acceduta utilizzandone semplicemente il nome;

- si dice che la variabile della classe derivata **nasconde** la variabile della classe base;

- per accedere alla variabile della classe base è necessario utilizzare **un riferimento ad oggetto della classe base**.

Sovrascrittura dei campi dati: esempio

```
// File Esempio15.java
class B { int i; }
class D extends B {
  char i;
  void stampa() {
    System.out.println(i); System.out.println(super.i);
  }
}
public class Esempio15 {
  publicstaticvoid   main(String[] args) {
    D d = new D();
    d.i = 'f';
    ((B)d).i = 9;
    d.stampa();
  }
}
```

Classi astratte

Le classi astratte sono classi particolari, nelle quali una o più funzioni possono essere solo **dichiarate** (cioè si descrive la segnatura), ma non **definite** (cioè non si specificano le istruzioni).

Esempio:

Ha certamente senso associare alla classe Persona una funzione che calcola la sua aliquota fiscale, ma il vero e proprio calcolo per una istanza della classe Persona **dipende** dalla sottoclasse di Persona (ad esempio: straniero, pensionato, studente, impiegato, ecc.) a cui l'istanza appartiene.

Vogliamo poter definire la classe Persona, magari con un insieme di campi e funzioni normali, anche se non possiamo scrivere il codice della funzione Aliquota().

Classi astratte: esempio

La soluzione è definire la classe Persona come **classe astratta**, con la funzione Aliquota() astratta, e definire poi le sottoclassi di Persona come classi non astratte, in cui definire la funzione Aliquota() con il relativo codice:

```
abstract class Persona {
  abstract public int Aliquota(); // Questa e' una DICHIARAZIONE
                                  // (senza codice)
  private int eta;
  public int Eta() { return eta; }
}

class Studente extends Persona {
  public int Aliquota() { ... } // Questa e' una DEFINIZIONE
}

public class Professore extends Persona {
  public int Aliquota() { ... } // Questa e' una DEFINIZIONE
}
```

Quando una classe va definita astratta

Una classe A si definirà come astratta quando:

- non ha senso pensare a oggetti che siano istanze di A **senza essere istanze anche di una sottoclasse (eventualmente indiretta) di** A;

- esiste una funzione che ha senso associare ad essa, ma il cui codice non può essere specificato a livello di A, mentre può essere specificato a livello delle sottoclassi di A; si dice che tale funzione è astratta in A.

Anche se spesso si dice che una classe astratta A non ha istanze, ciò non è propriamente corretto: la classe astratta A non ha istanze dirette, ma ha come istanze tutti gli oggetti che sono istanze di sottoclassi di A non astratte.

Si noti che la classe astratta può avere funzioni non astratte e campi dati.

Uso di classi astratte

Se A è una classe astratta, allora:

- **Non possiamo** creare direttamente oggetti che sono istanze di A. Non esistono istanze dirette di A: gli oggetti che sono istanze di A lo sono indirettamente.

- **Possiamo:**
  - definire variabili o campi di altri classi (ovvero, riferimenti) di tipo A (durante l'esecuzione, conterranno indirizzi di oggetti di classi non astratte che sono sottoclassi di A),
  - usare normalmente i riferimenti (tranne che per creare nuovi oggetti), ad esempio: definire funzioni che prendono come argomento un riferimento di tipo A, restituire riferimenti di tipo A, ecc.

Vantaggi delle classi astratte

Se non ci fosse la possibilità di definire la classe Persona come classe astratta, dovremmo prevedere un meccanismo (per esempio un campo di tipo String) per distinguere istanze di Studente da istanze di Professore, e definire nella classe Persona la funzione Aliquota() così

```
class Persona {
  private String tipo;
  public int Aliquota() {
      if (tipo.equals("Studente"))
          // codice per il calcolo dell'aliquota per Studente
      else if (tipo.equals("Professore"))
          // codice per il calcolo dell'aliquota per Professore
   }
  // ....
}
```

All'aggiunta di una sottoclasse di Persona, si dovrebbe riscrivere e ricompilare la classe Persona stessa. **Riuso ed estendibilità sarebbero compromessi!**

Vantaggi delle classi astratte (cont.)

Supponiamo di dovere scrivere una funzione esterna alla classe Persona che, data una persona (sia essa uno studente, un professore, o altro), verifica se è tartassata dal fisco (cioè se la sua aliquota è maggiore del 50 per cento).

Se ho definito Persona come classe astratta posso semplicemente fare così:

```
// ....
static public boolean Tartassata(Persona p) {
     return p.Aliquota() > 50;
}
```

È importante notare che, quando la funzione verrà attivata, verrà passato come parametro attuale un riferimento ad un oggetto di una classe non astratta, in cui quindi la funzione Aliquota() è definita con il codice. Il late binding farà il suo gioco, e chiamerà la **funzione giusta**, cioè la funzione definita nella classe più specifica non astratta di cui l'oggetto passato è istanza.

Esercizio 9

Si definisca una classe per rappresentare soggetti fiscali. Ogni soggetto fiscale ha un nome, e di ogni soggetto fiscale deve essere possibile calcolare l'anzianità, tenendo però presente che l'anzianità si calcola in modo diverso a seconda della categoria (impiegato, pensionato o straniero) a cui appartiene il soggetto fiscale. In particolare:

- se il soggetto è un impiegato, allora l'anzianità si calcola sottraendo all'anno corrente l'anno di assunzione;
- se il soggetto è un pensionato, allora l'anzianità si calcola sottraendo all'anno corrente l'anno di pensionamento;
- se il soggetto è uno straniero, allora l'anzianità si calcola sottraendo all'anno corrente l'anno di ingresso nel paese.

Soluzione esercizio 9 (1/3)

Soluzione esercizio 9 (2/3)

Soluzione esercizio 9 (3/3)

Interfacce

Una interfaccia è un'astrazione per un insieme di funzioni pubbliche delle quali si definisce solo la segnatura, e non le istruzioni. Un'interfaccia viene poi implementata da una o più classi (anche astratte). Una classe che implementa un'interfaccia deve definire o dichiarare tutte le funzioni della interfaccia.

Dal punto di vista sintattico, un'interfaccia è costituita da un insieme di dichiarazioni di funzioni pubbliche (**no campi dati**, a meno che non sia `final`), la cui definizione **è necessariamente lasciata alle classi che la implementano**. Possiamo quindi pensare ad una interfaccia come ad una dichiarazione di un tipo di dato (inteso come un insieme di operatori) di cui non vogliamo specificare l'implementazione, ma che comunque può essere utilizzato da moduli software, indipendentemente appunto dall'implementazione.

Esempio: interfaccia `I` con una sola funzione `g()`

```
public interface I {
  void g(); // implicitamente public;  e' una DICHIARAZIONE: notare ';'
}
```

Cosa si fa con un'interfaccia

Se `I` è un'interfaccia, allora **possiamo**:

- definire una o più classi che **implementano** `I`, cioè che definiscono tutte le funzioni dichiarate in `I`

- definire variabili e campi di tipo `I` (durante l'esecuzione, conterranno indirizzi di oggetti di classi che implementano `I`),

- usare i riferimenti di tipo `I`, sapendo che in esecuzione essi conterranno indirizzi di oggetti (quindi possiamo definire funzioni che prendono come argomento un riferimento di tipo `I`, restituire riferimenti di tipo `I`, ecc.);

mentre **non possiamo**:

- creare oggetti di tipo `I`, cioè non possiamo eseguire `new I()`, perchè non esistono oggetti di tipo `I`, ma esistono solo riferimenti di tipo `I`.

Utilità delle interfacce

Le funzioni di un'interfaccia costituiscono un modulo software S che:

- può essere utilizzato da un modulo esterno *T* (ad esempio una funzione t() che si aspetta come parametro un riferimento di tipo S), **indipendentemente** da come le funzioni di S sono implementate; in altre parole, non è necessario avere deciso l'implementazione delle funzioni di S per progettare e scrivere altri moduli che usano S;

- può essere implementato in modi alternativi e diversi tra loro (nel senso che più classi possono implementare le funzioni di S, anche in modo molto diverso tra loro);

- ovviamente, però, al momento di attivare un modulo t() che ha un argomento tipo S, occorre passare a t(), in corrispondenza di S, un oggetto di una classe che implementa S.

Tutto ciò aumenta la possibilità di **riuso**.

Esempio di interfaccia e di funzione cliente

Vogliamo definire una interfaccia Confrontabile che offra una operazione che verifica se un oggetto è **maggiore** di un altro, ed una operazione che verifica se un oggetto è **paritetico** ad un altro. Si noti che **nulla si dice** rispetto al criterio che stabilisce se un oggetto è maggiore di o paritetico ad un altro.

Si vuole scrivere poi una funzione che, dati tre riferimenti a Confrontabile, restituisca il maggiore tra i tre (o più precisamente un *massimale*, ovvero uno qualunque che non abbia tra gli altri due uno maggiore di esso).

Notiamo che, denotando con gli operatori binari infissi '>' e '=' le relazioni "maggiore" e "paritetico" (rispettivamente), x_1 è massimale in $\{x_1, x_2, x_3\}$ se e solo se:

$$(x_1 > x_2 \lor x_1 = x_2) \land (x_1 > x_3 \lor x_1 = x_3)$$

Esempio di interfaccia e di f. cliente (cont.)

```
// File Esempio16.java
interface  Confrontabile {
  boolean Maggiore(Confrontabile x);
  boolean Paritetico(Confrontabile x);
}

class Utilita {
  static public Confrontabile MaggioreTraTre(Confrontabile x1,
                                             Confrontabile x2,
                                             Confrontabile x3) {
    if ((x1.Maggiore(x2) || x1.Paritetico(x2)) &&
        (x1.Maggiore(x3) || x1.Paritetico(x3)))
      return x1;
    else if ((x2.Maggiore(x1) || x2.Paritetico(x1)) &&
             ( x2.Maggiore(x3)|| x1.Paritetico(x3)))
      return x2;
    else return x3;  }  }
```

Implementazione di un'interfaccia

Definiamo due classi che implementano l'interfaccia `Confrontabile`:

1. Una di queste è la classe `Edificio` (per la quale il confronto concerne l'altezza).

2. L'altra è una classe astratta `Persona` (per la quale il confronto concerne l'aliquota).

Implementazione di un'interfaccia (cont.)

```
// File Esempio17.java

class Edificio implements Confrontabile {
  protected int altezza;
  public boolean Maggiore(Confrontabile e) {
    if(e  != null && getClass().equals(e.getClass()))
      return altezza > ((Edificio)e).altezza;
    else return false;
  }
  public boolean Paritetico(Confrontabile e) {
    if(e  != null && getClass().equals(e.getClass()))
      return altezza == ((Edificio)e).altezza;
    else return false;
  }
}
```

```
abstract class Persona implements Confrontabile {
  protected int eta;
  abstract public intAliquota();
  public int Eta(){return   eta; }
  public boolean Maggiore(Confrontabile p) {
    if(p  != null && Persona.class.isInstance(p))
      return Aliquota() > ((Persona)p).Aliquota();
    else return false;
  }
  public boolean Paritetico(Confrontabile p) {
    if (p != null && Persona.class.isInstance(p))
      return Aliquota() == ((Persona)p).Aliquota();
    else return false;
  }
}
```

Commenti sull'implementazione

Notiamo che nelle classi `Edificio` e `Persona` abbiamo usato due criteri differenti per stabilire se possiamo effettuare i confronti fra due oggetti tramite le funzioni `Maggiore()` e `Paritetico()`:

- per la classe (non astratta) `Edificio`, verifichiamo se i due oggetti siano della stessa classe (`Edificio` o derivata da essa);

- per la classe (astratta) `Persona`, verifichiamo se i due oggetti siano entrambi derivati dalla classe `Persona`.

  Ciò permette di effettuare il confronto anche fra oggetti di classi differenti, purchè entrambe derivate da `Persona`.

Esempio di uso di interfaccia

A questo punto possiamo chiamare la funzione `MaggioreTraTre()`:

- sia su Persone (cioè passandole tre oggetti della classe `Persona`),
- sia su Edifici (cioè passandole tre oggetti della classe `Edificio`).

Esempio di uso di interfaccia (cont.)

```
// File Esempio18.java
class Studente extends Persona {
  public int Aliquota() { return 25; } }
class Professore extendsPersona  {
  public int Aliquota() { return 50; } }
class Esempio31 {
  public static void main(String[] args) {
    Studente s = new Studente();
    Professore p = new Professore();
    Professore q = new Professore();
    Edificio e1 = new Edificio();
    Edificio e2 = new Edificio();
    Edificio e3 =new Edificio();
    Persona pp = (Persona)Utilita.MaggioreTraTre(s,p,q);
    Edificio ee =(Edificio)Utilita.MaggioreTraTre(e1,e2,e3);
  }
}
```

Esercizio: “i Massimali”

Arricchire la classe `Utilita` con:

- una funzione `Massimale()` che, ricevuto come argomento un vettore di riferimenti a `Confrontabile`, restituisca un elemento massimale fra quelli del vettore;

- una funzione `QuantiMassimali()` che, ricevuto come argomento un vettore di riferimenti a `Confrontabile`, restituisca un intero che corrisponde al numero di elementi massimali fra quelli del vettore.

Soluzione esercizio “i Massimali” (1/3)

Soluzione esercizio “i Massimali” (2/3)

Soluzione esercizio “i Massimali” (3/3)

La classe Object

Implicitamente, **tutte le classi** (predefinite o definite da programma) sono derivate, direttamente o indirettamente, dalla classe `Object`.

Di conseguenza, tutti gli oggetti, qualunque sia la classe a cui appartengono, **sono anche implicitamente istanze** della classe predefinita `Object`.

Queste sono alcune funzioni della classe `Object`:

- `public String toString()`
- `public final Class getClass()`
- `public boolean equals(Object)`
- `public int hashCode()`
- `protected Object clone()`

Stampa di oggetti e funzione toString()

La funzione `public String toString()` di `Object` associa una **stringa stampabile** all'oggetto di invocazione.

Se ne può fare overriding in modo opportuno nelle singole classi in modo da generare una **forma testuale** conveniente per gli oggetti della classe.

```
// File Esempio20.java
class B{
  private int i;
  B(int x) { i =x; }
  public String toString() { return "i: " +i;  }
}

public class Esempio20 {
  public static void main(String[] args) {
    B b = new B(5);
    System.out.println(b);
  }
}

// Stampa: i: 5
// Nota: se non avessimo ridefinito toString() avrebbe stampato "B@601bb1"
```

Esercizio 10: overriding di toString()

Facendo riferimento alle classi `Punto` e `Segmento` viste in precedenza, ridefinire la funzione `toString()` per esse.

In particolare, vogliamo che un punto venga stampato in questo formato:

`<1.0;2.0;4.0>`

e che un segmento venga stampato in questo formato:

`(<1.0;2.0;4.0>,<2.0;3.0;7.0>)`

Soluzione esercizio 10 (1/2)

Soluzione esercizio 10 (2/2)

Stampa in classi derivate

Nel fare overriding di `toString()` per una classe derivata `epossibile riusare la funzione `toString()` della classe base.

```
class B {
  protected int x, y;
  public String toString() { // ...
  // ...
}

class D extends B {
  protected int z;
  public String toString() {
    return super.toString() + // ...
  }
  // ...
}
```

La classe Java Class

Esiste implicitamente un oggetto di classe `Class` per ogni classe (o interfaccia) `B` del programma, sia di libreria che definita da utente.

Questo oggetto può essere denotato in due modi:

- tramite letterali aventi la forma:

```
... B.class ... // ha tipo Class
```

- tramite riferimenti di tipo

```
Class Class c = ...
```

Gli oggetti di tipo `Class` sono creati dal sistema runtime in modo automatico. Si noti che `Class` non ha costruttori accessibili dai clienti.

La classe Java Class (cont.)

La classe `Class` ha una funzione dal significato particolare:

```
boolean isInstance(Object)
```

che restituisce `true` se e solo se il suo parametro attuale un riferimento ad oggetto di una classe *compatibile per l'assegnazione* con la stessa classe dell'oggetto di invocazione.

La funzione isInstance()

La funzione `isInstance()` può essere usata per verificare se un oggetto è istanza di una classe.

```
... B.class.isInstance(b) ... // vale true se b e' istanza di B
```

- Al riguardo, si ricorda che un oggetto di una classe D derivata da una classe B *è anche un oggetto della classe* B.

```
class D extends B ...

D d1 = new D();
... B.class.isInstance(d1) ... // vale true;
```

Esercizio 11: cosa fa questo programma?

```
// File Esercizio11.java

class B {}
class D extends B {}

public class Esercizio11 {
  public static void main(String[] args) {
    B b1 = new B();
    D d1 = new D();
    System.out.println(B.class.isInstance(d1));
    System.out.println(D.class.isInstance(b1));
  }
}
```

Soluzione esercizio 11

La funzione isInstance() (cont.)

- La funzione `isInstance()` può essere anche usata per verificare se un oggetto è istanza di una classe che implementa una interfaccia.

```
interface I {...}


... I.class.isInstance(b) ... // vale true, se b e' istanza di
                              // una classe che implementa I

class D implements I {...}

D d1 =new D();

... I.class.isInstance(d1) ... // vale true;
```

Esercizio 11bis: cosa fa questo programma?

```
// File Esercizio11bis.java

interface I {}
class D implements I {}

public class Esercizio11bis {
  public static void main(String[] args) {
    I i1 = new D();
    D d1 = new D();
    System.out.println(I.class.isInstance(i1));
    System.out.println(I.class.isInstance(d1));
  }
}
```

Soluzione esercizio 11bis

l'operatore Java instanceof

Java è dotato di un operatore predefinito `instanceof` per verificare l'appartenenza di un oggetto ad una classe o la conformità di un oggetto ad una interfaccia.

In particolare le seguenti espressioni booleane si comportano in modo identico:

```
... B.class.isInstance(b) ...
```

```
... b instanceof B ...
```

Si noti che nell'ultima espressione si è usato `B` e non `B.class`. Questo perchè l'operatore `instanceof` non fa uso di un oggetto della classe `Class`, ma del **nome della classe**.

La funzione getClass() di Object

La classe `Object` contiene una funzione `public final Class getClass()` (che non può essere ridefinita) che restituisce la classe dell'oggetto di invocazione, cioè la classe più specifica di cui l'oggetto di invocazione è istanza.

Attraverso l'uso di `getClass()` (e di `equals()` definito per gli oggetti di tipo `Class`), possiamo, ad esempio, verificare se due oggetti appartengono alla stessa classe:

```
class B {
  private int x;
  public B(int n) {x=n;}
  ...
}

B b1 = new B(10);
...
B b2 = new B(100);
... b1.getClass().equals(b2.getClass()) ... // vale true
```

Uguaglianza fra valori di un tipo base

Se vogliamo mettere a confronto due valori di un tipo base, usiamo l'*operatore di uguaglianza* '=='.

Ad esempio:

```
int a = 4, b = 4;
if(a  == b) // verifica uguaglianza fra VALORI
  System.out.println("Uguali!");
else
  System.out.println("Diversi!");
```

Uguaglianza fra oggetti

Quando confrontiamo due oggetti dobbiamo chiarire che tipo di uguaglianza vogliamo utilizzare:

Uguaglianza superficiale: *verifica se due riferimenti ad un oggetto sono uguali, cio`e denotano lo stesso oggetto*;

Uguaglianza profonda: *verifica se le informazioni (rilevanti) contenute nei due oggetti sono uguali*.

Uguaglianza fra oggetti (cont.)

```
class C {
  private int x, y;
  public C(int x, int y) {
    this.x = x;this.y =  y;
  }
}
// ...
    C c1 = new C(4,5);
    C c2 = new C(4,5);
```

Nota: c1 e c2 ...

- ... non sono uguali superficialmente

- ... sono uguali profondamente

Uguaglianza superficiale

Se usiamo '==' per mettere a confronto **due oggetti**, stiamo verificandone l'uguaglianza *superficiale*.

Ad esempio:

```
class C {
  private int x, y;
  public C(int x, int y) {this.x = x; this.y = y;}
}
// ...
    C c1 = new C(4,5), c2 = new C(4,5);
    if (c1 == c2)
      System.out.println("Uguali!");
    else
      System.out.println("Diversi!");
```

Uguaglianza superficiale (cont.)

Viene eseguito il ramo `else` (`"Diversi!"`).

Infatti, '==' effettua un confronto fra *i valori dei riferimenti*, ovvero fra i due indirizzi di memoria in cui si trovano gli oggetti.

Riassumendo, diciamo che:

1. '==' verifica l'uguaglianza *superficiale*,

2. gli oggetti `c1` e `c2` **non sono uguali superficialmente**.

Uguaglianza fra oggetti: funzione equals()

La funzione `public boolean equals(Object)` definita in `Object` ha lo scopo di verificare l'uguaglianza fra oggetti.

`equals()`, come tutte le funzioni definite in `Object`, è **ereditata** da ogni classe (standard, o definita dal programmatore), e *se non ridefinita*, si comporta come l'operatore '=='.

Pertanto, anche nel seguente esempio viene eseguito il ramo `else ("Diversi!")`.

```
class C{
  int x, y;
  public C(int x, int y) {this.x =x; this.y = y;}
}
// ...
    Cc1 =new C(4,5), c2 =new C(4,5);
    if (c1.equals(c2))
      System.out.println("Uguali!");
    else
      System.out.println("Diversi!");
```

Uguaglianza profonda: overriding di equals()

È tuttavia possibile **ridefinire** il significato della funzione `equals()`, facendone **overriding**, in modo tale da verificare l'**uguaglianza profonda** fra oggetti.

Per fare ciò dobbiamo ridefinire la funzione `equals()` come illustrato nel seguente esempio:

```
class B{
  private int x, y;

  public boolean equals(Object o) {
    if (o != null && getClass().equals(o.getClass())) {
      B b=(B)o;
      return (x==b.x) && (y==b.y);
    }
    else return false;
  }
}
```

Analisi critica dell'overriding di equals() (1/3)

Alcuni commenti sulla funzione `equals()` ridefinita per la classe `B`:

- `public boolean equals(Object o) {`

  la funzione deve avere come parametro un riferimento di tipo `Object` perch`e stiamo facendo **overriding** della funzione `equals()` *ereditata* dalla classe `Object`.

- `if (o != null ...`

  dobbiamo essere sicuri che il riferimento `o` passato alla funzione non sia `null`, altrimenti gli oggetti sono banalmente diversi, visto che l'oggetto passato alla funzione non è un oggetto;

Analisi critica dell'overriding di equals() (2/3)

- `... && getClass().equals(o.getClass())`

  dobbiamo essere sicuri che `o` si riferisca ad un oggetto della stessa classe dell'oggetto di invocazione (`B`, nell'esempio), altrimenti i due oggetti sono istanze di classi diverse e quindi sono ancora una volta banalmente diversi;

- `B b = (B)o;`

  se la condizione logica dell'`if` risulta vera, allora facendo un **cast** denotiamo l'oggetto passato alla funzione attraverso un riferimento del tipo dell'oggetto di invocazione (`B`, nell'esempio) invece che attraverso un riferimento generico di tipo `Object`; in questo modo potremo accedere ai campi specifici della classe di interesse (`B`, nell'esempio)

Analisi critica dell'overriding di equals() (3/3)

- `return (x == b.x) && (y == b.y)`

  a questo punto possiamo finalmente verificare l'uguaglianza tra i singoli campi della classe

- `return false;`

  non appena uno dei test di cui sopra fallisce, sappiamo che gli oggetti non sono ugiali e quindi possiamo restituire `false`.

Overriding, non overloding, di equals()

ATTENZIONE!:
si deve fare **overriding** di `equals()` e **non overloading**.
Altrimenti si possono avere risultati controintuitivi.

Esercizio 12 (1/2)

Cosa fa questo programma?

```
// File Esercizio12.java
class B{
  private int x, y;
  public B(int a, int b) {
  x=a; y=b;
  }
  public boolean equals(B b) { // OVERLOADING, NON OVERRIDING
    if (b != null)
      return (b.x ==x)  &&  (b.y == y);
    else
      return false;
  }
}
```

Esercizio 12 (2/2)

```
public class Esercizio12 {
  static void stampaUguali(Object o1, Object o2) {
   if(o1.equals(o2))
       System.out.println("I DUE OGGETTI SONO UGUALI"); else
       System.out.println("I DUE OGGETTI SONO DIVERSI");
  }

  public static void main(String[] args) {
    B  b1 = new B(10,20);
    B b2  =  new B(10,20);

    if  (b1.equals(b2))
      System.out.println("I DUE OGGETTI SONO UGUALI");
    else
      System.out.println("I DUE OGGETTI SONO DIVERSI");

    stampaUguali(b1, b2);
  }
}
```

Soluzione esercizio 12

Uguaglianza fra oggetti: profonda (cont.)

Riassumendo, se desideriamo che per una classe B si possa verificare l'uguaglianza profonda fra oggetti, allora:

server: il **progettista** di B deve effettuare l'overriding della funzione `equals()`, secondo le regole viste in precedenza;

client: il **cliente** di B deve effettuare il confronto fra oggetti usando `equals()`.

```
B b1 = new B(), b2 = new B();
b1.x = 4; b1.y =  5;
b2.x = 4; b2.y = 5;
if (b1.equals(b2))
  System.out.println("Uguali!");
else
  System.out.println("Diversi!");
```

Uguaglianza: classe String

In `String` la funzione `equals()` è ridefinita in maniera tale da realizzare l'uguaglianza profonda.

```
String s1 = new String("ciao");
String s2 = new String("ciao");

if (s1 == s2)
  System.out.println("Uguali!");
else
  System.out.println("Diversi!");

if (s1.equals(s2))
  System.out.println("Uguali!");
else
  System.out.println("Diversi!");
```

Esercizio 13: uguaglianza

Progettare tre classi:

`Punto`: vedi esercizio precedentemente proposto;

`Segmento`: vedi esercizio precedentemente proposto;

`Valuta`: per la rappresentazione di una quantità di denaro, come aggregato di due valori di tipo intero (unità e centesimi) ed una `String` (nome della valuta).

Per tali classi, ridefinire il significato della funzione `equals()`, facendo in maniera tale che verifichi l'*uguaglianza profonda* fra oggetti.

Soluzione esercizio 13 - Punto

Soluzione esercizio 13 - Segmento

Soluzione esercizio 13 - Valuta

Uguaglianza profonda in classi derivate

Se desideriamo specializzare il comportamento dell'uguaglianza per una classe `D` derivata da `B`, si può fare overriding di `equals()` secondo il seguente schema semplificato:

```
public class D extends B {
  protected int z;
  public boolean equals(Object ogg) {
    if (super.equals(ogg)) {
      D d = (D)ogg;
      // test d'uguaglianza campi dati specifici di
         D return z == d.z;
    }
    else return false;
  }
}
```

Uguaglianza profonda in classi derivate (cont.)

D.equals() delega a super.equals() (cioè a B.equals()) alcuni controlli (**riuso**)

- che il parametro attuale non sia null;
- che l'oggetto di invocazione ed il parametro attuale siano della stessa classe;
- che l'oggetto di invocazione ed il parametro attuale coincidano nei campi della classe base.

D.equals() si occupa solamente del controllo dei campi dati specifici di D (cioè di z).

Esercizio 14: cosa fa questo programma?

```
class B{ // ... la solita

class D extends B{
  protected int z;
  public D(int a, int b, int c) {//...
  public boolean equals(Object ogg) {
    if (super.equals(ogg)) {
      D d = (D)ogg;
      return z == d.z;
    }
    else return false;
  }
}
// ...
    D d = new D(4,5,6);
    E e = new E(4,5,6);

    if (d.equals(e))
      System.out.println("I DUE OGGETTI SONO UGUALI");
    else
      System.out.println("I DUE OGGETTI SONO DIVERSI");
```

```
class E extends B{
  protected int z;
  public E(int a, int b, int c){//...
  public boolean equals(Object ogg) {
    if (super.equals(ogg)) {
      E e = (E)ogg;
      return z == e.z;
    }
    else return false;
  }
}
```

Soluzione esercizio 14

La funzione hashCode()

La funzione `public int hashCode()` della classe `Object` restituisce un intero che rappresenta il codice hash per l'oggetto su cui è invocata. Quindi, dato un oggetto `o`, il suo intero corrispondente `o.hashCode()`.

Il codice hash serve per trovare la posizione "naturale" di un oggetto in una tavola hash.

La tavola hash è il meccanismo con cui sono realizzati, ad esempio, gli `HashSet` (vedi slide su Collections Framework).

Tavole Hash (cenni)

L'idea alla base della tavola hash è quella di usare un vettore in cui la posizione i è quella dell'oggetto con codice hash i. Questo permette di avere un accesso diretto ad un oggetto (od alla posizione in cui l'oggetto dovrebbe essere) all'interno della tavola: basta prendere il suo codice hash e controllare la posizione della tavola corrispondente a tale codice. Accesso estremamente efficiente.

Bisogna però fare i conti con un problema: Non è praticamente possibile garantire che oggetti diversi abbiano codici hash diversi. Quindi più oggetti possono condividere la stessa posizione naturale in una tavola hash.

Le tavole hash adottano dei meccanismi ad hoc per risolvere questo problema (ad es., fanno uso di liste di appoggio in cui mettono gli oggetti con la stessa posizione naturale).

Ridefinire la funzione hashCode()

Anche se si può ignorare il meccanismo di implementazione delle tavole hash, per usare in maniera corretta ed efficace le strutture dati che ne fanno uso (ad esempio HashSet), bisogna assicurarsi che la funzione hashCode() abbia un comportamento coerente con la funzione equals().

Infatti, sebbene dobbiamo convivere con il problema che oggetti differenti possano avere lo stesso codice hash, **non** possiamo accettare che oggetti identici abbiano codici hash differenti.

Se la funzione equals() non viene ridefinita in una classe B, il comportamento di default della funzione hashCode() fa la cosa giusta: riferimenti diversi di classe B risultano uguali solo se istanziati allo stesso oggetto, che quindi ha un unico codice hash.

Se, invece, **la funzione** equals() **viene ridefinita** (uguaglianza profonda), allora il comportamento di default della funzione hashCode() non è quello giusto: **La funzione** hashCode **deve essere ridefinita** in modo che oggetti uguali (in modo profondo) abbiano lo stesso codice hash.

Overriding di hashCode() (esempio)

```
class B {
   private int x, y;

   public boolean equals(Object o) {
      if (o != null && getClass().equals(o.getClass())) {
      B b = (B)o;
         return (x == b.x) && (y == b.y);
      }
      else return false;
   }

   public int hashCode() {
     return x+y;
   }
}
```

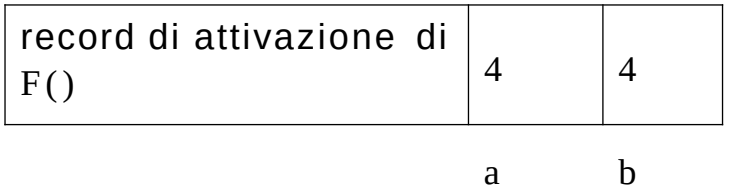
La scelta effettuata in questo esempio è molto elementare (due oggetti diversi con i valori x ed y invertiti hanno lo stesso codice hash). Questo non compromette il funzionamento ma ha effetti sull'efficienza (ci saranno più oggetti con la stessa posizione naturale). Scelte più sofisticate tese a limitare questo problema sono ovviamente possibili.

Copia di valori di un tipo base

Se vogliamo copiare un valore di un tipo base in una variabile dello stesso tipo, usiamo l'*operatore di assegnazione* '='.

Ad esempio:

```
void F() {
// ...
    int a = 4, b;
    b = a;
// ...
} // F()
```



Copia di oggetti

Quando copiamo un oggetto dobbiamo chiarire che tipo di copia vogliamo effettuare:

- **copia superficiale**: *copia dei riferimenti ad un oggetto*;
- **copia profonda**: *copia dell'oggetto stesso*.

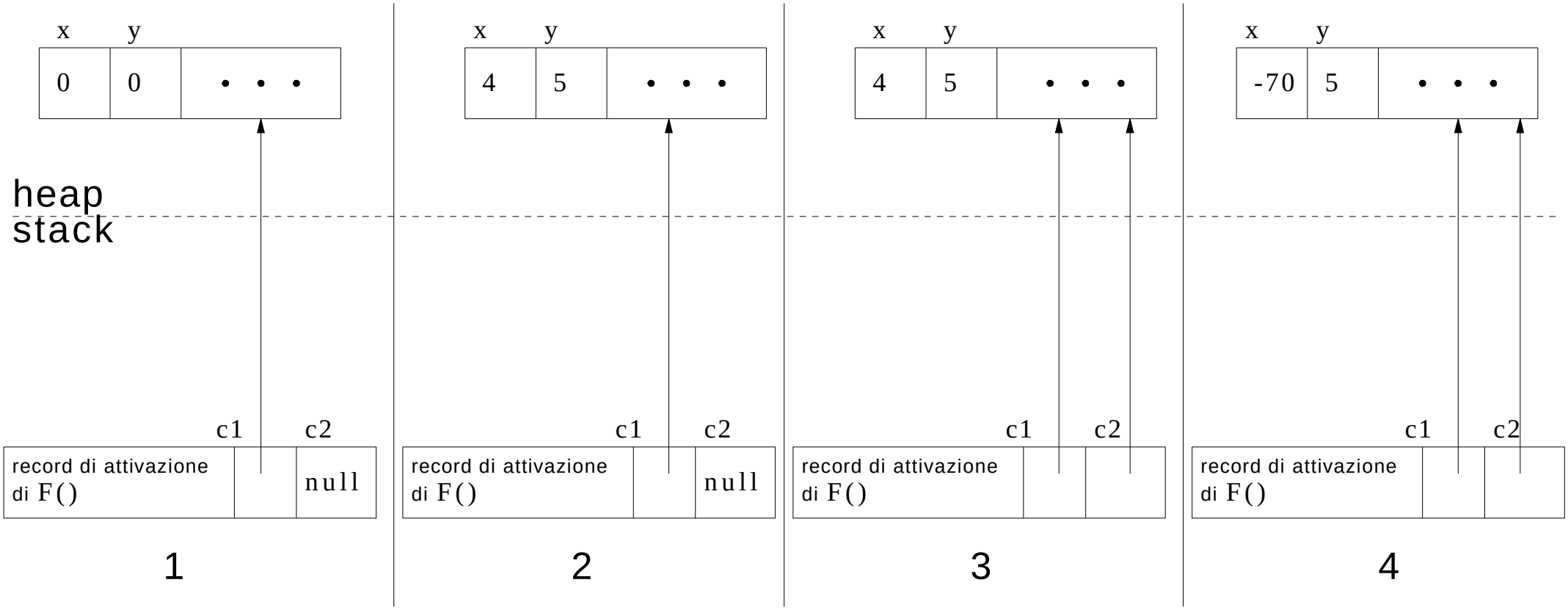
Copia fra oggetti: superficiale

Se usiamo ‘=’ per copiare **due oggetti**, stiamo effettuando la copia *superficiale*.

Ad esempio:

```
class C {
   int x, y;
}
void F() {
// ...
      C c1 = new C(), c2;                                  // 1
      c1.x =4; c1.y =5;                                    // 2
      System.out.println("c1.x: " +c1.x   + ", c1.y: " +   c1.y);
      c2 = c1;     // COPIA SUPERFICIALE                   // 3
      System.out.println("c2.x: "+c2.x   + ",   c2.y: " +   c2.y);
      c2.x =-70; // SIDE-EFFECT                            // 4
      System.out.println("c1.x: "+c1.x   + ",   c1.y: " +   c1.y);
// ...
} // F()
```

Evoluzione (run-time) dello stato della memoria



Copia fra oggetti: superficiale (cont.)

L'operatore '=' effettua una copia fra **i valori dei riferimenti**, ovvero fra i due indirizzi di memoria in cui si trovano gli oggetti.

Riassumendo, diciamo che:

1. '=' effettua la copia **superficiale**,
2. in quanto tale **non crea un nuovo oggetto**,
3. a seguito dell'assegnazione, i due riferimenti `c1` e `c2` **sono uguali superficialmente**,
4. ogni azione sul riferimento `c2` si ripercuote sull'oggetto a cui si riferisce anche `c1`.

Copia profonda: la funzione clone()

La funzione `protected Object clone()` definita in `Object` ha lo scopo di permettere la copia profonda.

Poichè `clone()` in `Object` è `protected` essa, anche se ereditata, non èaccessibile ai clienti della nostra classe.

Se lo desideriamo, possiamo **ridefinirla** (farne **overriding**), rendendola `public` e facendo in maniera tale che effettui la **copia profonda** fra oggetti, come illustrato nel esempio seguente.

Copia profonda: la funzione clone() (cont.)

```
class B implements Cloneable {
  private int x, y;

  public Object clone() {
    try {
      B b = (B)super.clone(); // Object.clone copia campo a campo
      //eventuale copia profonda dei campi - in questo caso non necessaria
      return b;
    } catch (CloneNotSupportedException e) {
      // nonpuo'accadere,   ma va comunque gestito
      throw new InternalError(e.toString());
    }
  }

}
```

Analisi critica dell'overriding di clone() (1/4)

Alcuni commenti sulla funzione `clone()` ridefinita per la classe `B`:

- `class B implements Cloneable {`

  per fare overriding di `clone()` è necessario dichiarare che la classe implementa l'interfaccia `Cloneable`. Questa è un'interfaccia priva di campi (non contiene dichiarazioni di funzione, né contiene costanti) che serve solo a "marcare" come "cloneable" gli oggetti della classe. Se si invoca il metodo `clone()` su una classe che non implementa l'interfaccia `Cloneable` viene lanciata l'eccezione `CloneNotSupportedException`.

Analisi critica dell'overriding di clone() (2/4)

- `public Object clone() {`

  nel fare l'overriding di `clone()` lo dichiariamo `public`, invece di `protected` rendendolo così accessibile ai clienti della nostra classe.

- `...super.clone()`

  questa è l'invocazione alla funzione `clone()` definita in `Object`.

  Questa funzione crea (allocandolo dinamicamente) l'**oggetto che il clone** dell'oggetto di invocazione ed esegue una **copia superficiale dei suoi campi** (cioè mediante '='), **indipendentemente dalla classe a cui questo appartiene**.

  Si noti che questo comportamento, che di fatto corrisponde alla copia esatta della porzione di memoria dove è contenuto l'oggetto di invocazione, non è ottenibile in nessun altro modo in Java.

Analisi critica dell'overriding di clone() (3/4)

- `B b = (B)super.clone();`

  il riferimento restituito da `super.clone()`, che è di tipo `Object`, viene convertito, mediante *casting* in un riferimento del tipo dell'oggetto di invocazione (`B`, nell'esempio), in modo da potere operare sui campi propri della classe di appartenenza (cioè `B`).

- `//eventuale copia profonda dei campi`

  dopo avere fatto la copia campo a campo e avere un riferimento all'oggetto risultante del tipo desiderato, si fanno eventuali copie profonde dei campi dell'oggetto di invocazione (nell'esempio, non è necessario essendo i campi di `B`di tipo `int`).

Analisi critica dell'overriding di clone() (4/4)

- ```
  try {
    ...
  }
  catch (CloneNotSupportedException e) {
    throw new InternalError(e.toString());
  }
  ```

  dobbiamo trattare in modo opportuno l'eccezione (*checked exception*) `CloneNotSupportedException` che `clone()` di `Object` genera se invocata su un oggetto di una classe che non implementa l'interfaccia `Cloneable`. Poiché la nostra classe implementa `Cloneable` il codice nella clausola `catch` non verrà mai eseguito.
  ```

Copia fra oggetti: copia profonda (cont.)

Riassumendo, se desideriamo che per una classe B si possa effettuare la copia profonda fra oggetti, allora:

server: il **progettista** di Bdeve effettuare l'overriding della funzione clone(), secondo le regole viste in precedenza;

client: il **cliente** di B deve effettuare la copia fra oggetti usando clone() per la copia profonda e '=' per quella superficiale.

```
B b1 = new B();
b1.x = 10; b1.y = 20;
B b2 = (B)b1.clone(); //si noti il casting!
System.out.println("b2.x: " + b2.x + ", b2.y: " + b2.y);
```

Copia profonda: classe String

La classe String non fa overriding di clone(), quindi non possiamo fare cloni di stringhe.

Tuttavia, la classe String è final, cioè non permette di definire sottoclassi. Inoltre non ha superclassi eccetto Object. Con queste condizioni particolari, se vogliamo fare una copia profonda di un oggetto String, possiamo semplicemente utilizzare, mediante new, un suo costruttore, che accetta un argomento di tipo String.

```
String s1 = new String("ciao");
String s2;

s2 = new String(s1); // uso del costruttore con argomento String
                     // ora s2 si riferisce ad una copia profonda di s1
```

Si noti che se la classe String non fosse stata final questo costruttore non avrebbe in nessun modo potuto garantire di generare la copia esatta (perché non avrebbe potuto sapere la classe dell'oggetto passato come parametro a runtime).

Esercizio 15: copia

Con riferimento alle tre classi `Punto`, `Segmento` e `Valuta` dell'esercizio 13, ridefinire il significato della funzione `clone()`, facendo in maniera tale che effettui la *copia profonda* fra oggetti.

Soluzione esercizio 15 - Punto

Soluzione esercizio 15 - Segmento

Soluzione esercizio 15 - Valuta

```
}
```

Copia profonda in classi derivate

Quando una classe B ha dichiarato pubblica clone(), tutte le classi da essa derivate (direttamente o indirettamente) **devono** supportare la clonazione (non è più possibile "nascondere" clone()).

Per supportarla correttamente le classi derivate devono fare overriding di clone() secondo lo schema seguente.

```
public class D extends B{
  // ...
  public Object clone() {
    D d = (D)super.clone();
    // codice eventuale per campi di D che richiedono copie profonde
    return d;
  }
  // ...
}
```

Copia profonda in classi derivate (cont.)

Una classe derivata da una classe che implementa l'interfaccia `Cloneable` (o qualsiasi altra interfaccia), implementa anch'essa tale interfaccia.

La chiamata a `super.clone()` è **indispensabile**.

Essa invoca la funzione `clone()` della classe base, la quale a sua volta chiama `super.clone()`, e così via fino ad arrivare a `clone()` della classe `Object` che è l'unica funzione in grado di creare (allocandolo dinamicamente) l'oggetto clone.

Tutte le altre invocazioni di `clone()` lungo la catena di ereditarietà si occupano in modo opportuno di operare sui campi a cui hanno accesso.

Si noti che per copiare correttamente gli eventuali campi privati è indispensabile operare sugli stessi attraverso la classe che li definisce.

Copia profonda in classi derivate: esempio

```
class B implements Cloneable {
  protected int x, y;
  public Object clone() { // ...
  // ...
}
```

```
class C implements Cloneable {
  private int w;
  public Object clone() { // ...
  // ...
}
```

```
class D extends B {
  protected int z;              // TIPO BASE
  protected C c;                // RIFERIMENTO A OGGETTO
  public Object clone() {
    D d = (D)super.clone();     // COPIA SUPERFICIALE: OK PER z, NON PER c
    d.c = (C)c.clone();         // NECESSARIO PER COPIA PROFONDA DI c
    returnd;
  }
  // ...
}
```

Esercizio 16: funzioni speciali in classi derivate

Scrivere una classe SegmentoOrientato derivata dalla classe Segmento, che contiene anche l'informazione sull'orientazione del segmento (dal punto di inizio a quello di fine, o viceversa).

Per questa classe vanno previsti, oltre al costruttore, l'overriding delle funzioni speciali equals(), clone() e toString(), sfruttando opportunamente quelle della classe base Segmento.

Per quanto riguarda la funzione toString(), si vuole che un segmento orientato venga stampato in questo formato:

(<1.0;2.0;4.0>,<2.0;3.0;7.0>)--->

se l'orientamento è dall'inizio alla fine, e nel seguente formato:

(<1.0;2.0;4.0>,<2.0;3.0;7.0>)<---

nel caso contrario.

Soluzione esercizio 16

Oggetti immutabili e oggetti mutabili

Nel realizzare una classe è molto importante avere presente se gli oggetti istanza della classe devono essere:

oggetti immutabili: cioè, il cui stato non può cambiare nel tempo (cioè a fronte di operazioni)

oggetti mutabili: cioè, il cui stato può essere modificato da alcune operazioni.

Oggetti immutabili

Gli oggetti immutabili tipicamente sono usati per rappresentare “valori”. Ad esempio gli oggetti `String` sono **oggetti immutabili** ed in effetti rappresenano valori di tipo stringa (in modo analogo a come valori `int` rappresentano valori interi).

Gli oggetti immutabili sono realizzati in Java assicurandosi che tutti i metodi accessibili ai clienti (e.g., `public`) **non effettuino side-effect** sull’oggetto di invocazione.

In questo modo rendiamo impossibile la modifica dello stato dell’oggetto da parte dei clienti rendendo l’**oggetto immutabile**.

Oggetti mutabili

Gli oggetti mutabili tipicamente sono usati per rappresentare “entità”, che pur non modificando la propria identità, modificano il proprio stato. Tipicamente entità del modo reale quali *persone*, *automobili*, ecc. sono rappresentate da oggetti mutabili, in quanto pur non cambiando la propria identità, cambiano stato. Un altro esempio è `StringBuffer` le cui istanze sono oggetti mutabili che mantengono una sequenza di caratteri permettendone modifiche se richiesto dal cliente.

Gli oggetti mutabili sono realizzati in Java includendo tra i metodi accessibili ai clienti (e.g., `public`) metodi che **effettuano side-effect** sull’oggetto di invocazione.

In questo modo rendiamo possibile la modifica dello stato dell’oggetto da parte dei clienti rendendo l’**oggetto mutabile**.

Oggetti immutabili: uguaglianza e copia

Alcune considerazioni metodologiche:

- `equals()`. Poichè tipicamente sono usati per rappresentare “valori” l’identificatore dell’oggetto non riveste alcun ruolo quindi, è **necessario fare l’overriding di** `equals()` in `Object` in modo verifichi l’**uguaglianza profonda**.

- `clone()`. Poiché gli oggetti immutabili non possono essere modificati dal cliente, é tipicamente superfluo effettuare copie di tali oggetti (visto che possiamo utilizzare gli originali, senza rischio di modifiche). Quindi, tipicamente **non si fa overriding di** `clone()` di `Object` lasciandolo inaccessibile ai clienti.

Oggetti mutabili: uguaglianza e copia (1/2)

Alcune considerazioni metodologiche:

`equals()`. Bisogna capire se **l'identificatore dell'oggetto è significativo** per classe che si sta realizzando. Se lo è, come tipicamente avviene per oggetti che corrispondono a rappresentazioni di oggetti del mondo reale, allora tipicamente **non si fa overriding di** `equals()` di `Object`, visto che va già bene per la verifica dell'uguaglianza.

Se invece **l'identificatore non è significativo**, come tipicamente avviene per oggetti che rappresentano collezioni di altri oggetti, allora **va fatto overriding di** `equals()` affinché verifichi l'uguaglianza profonda tenendo conto delle informazioni rilevanti.

Oggetti mutabili: uguaglianza e copia (2/2)

`clone()`. Valgono cosiderazioni analoghe, cioè bisogna distinguere i casi in cui **l'identificatore dell'oggetto è significativo** da quelli in cui non lo è. Se lo è (e.g., rappresentazione di oggetti del mondo reale) allora mettere a disposizione del cliente un metodo per la copia profonda spesso non ha senso, visto che l'identificatore sarà in ogni caso diverso, quindi **non si fa overriding di** `clone()` di `Object`,

Invece nel caso in cui **l'identificatore dell'oggetto non è significativo** (e.g., oggetti che rappresentano collezioni) allora permettere la copia profonda dell'oggetto può essere molto utile per il cliente e quindi tipicamente **si fa overriding di** `clone()`.