Capitolo 6

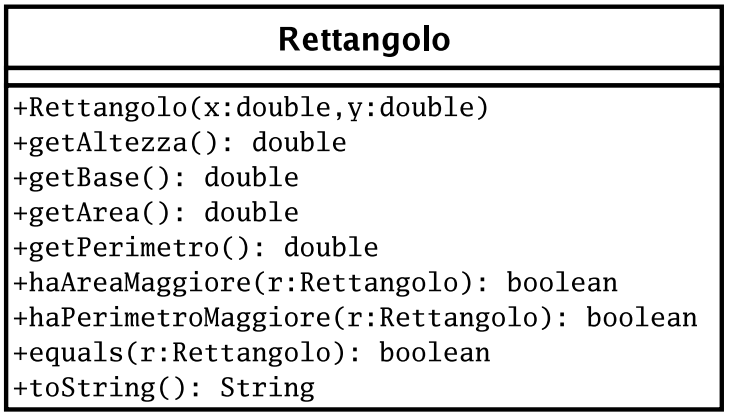
Uso della gerarchia

Sommario:

UML - rappresentazione delle classi

Rappresentazione concisa

Rappresentazione estesa



Operazioni e parametri

Operazioni

nome_operazione (*lista_dei_parametri*) : *tipo_restituito*

- *lista_dei_parametri*
  È una sequenza di dichiarazioni di parametro separate da virgole

Operazioni e parametri

Operazioni

nome_operazione (*lista_dei_parametri*) : *tipo_restituito*

- *lista_dei_parametri*
  È una sequenza di dichiarazioni di parametro separate da virgole

Parametri

nome_parametro : *tipo*

Operazioni e parametri

Operazioni

nome_operazione (*lista_dei_parametri*) : *tipo_restituito*

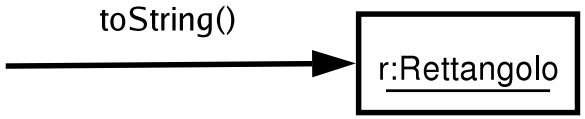
- *lista_dei_parametri*
  È una sequenza di dichiarazioni di parametro separate da virgole

Parametri

nome_parametro : *tipo*

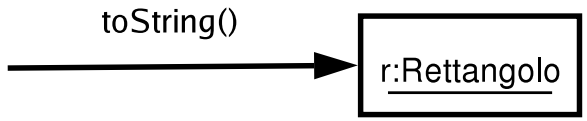
- \+
  Indica che la visibilità dell'operazione è pubblica (`public`)

Oggetti



- All'interno del riquadro che rappresenta l'oggetto viene inserito il nome dell'istanza

Oggetti

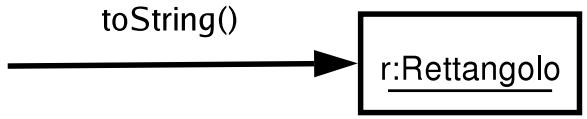


- All'interno del riquadro che rappresenta l'oggetto viene inserito il nome dell'istanza

Sintassi

nomelstanza : *nome_classe*

Oggetti



- All'interno del riquadro che rappresenta l'oggetto viene inserito il nome dell'istanza

Sintassi

nomelstanza : *nome_classe*

- Sia il nome dell'oggetto che il nome della classe sono opzionali

Paghiamo daPinoPasticcino

- Supponiamo di voler pagare la torta tramite la carta di credito:

```
pagamentoCC(numeroCarta)
```

Paghiamo daPinoPasticcino

- Supponiamo di voler pagare la torta tramite la carta di credito:

```
pagamentoCC(numeroCarta)
```

- Ogni pasticceria mette a disposizione questo metodo, quindi ci aspettiamo che sia specificato nella classe `Pasticceria`

Paghiamo daPinoPasticcino

- Supponiamo di voler pagare la torta tramite la carta di credito:

```
pagamentoCC(numeroCarta)
```

- Ogni pasticceria mette a disposizione questo metodo, quindi ci aspettiamo che sia specificato nella classe `Pasticceria`
- Quando un oggetto riceve un messaggio che compare nel suo protocollo, risponde a tale messaggio eseguendo la sequenza di operazioni (il codice) del metodo relativo

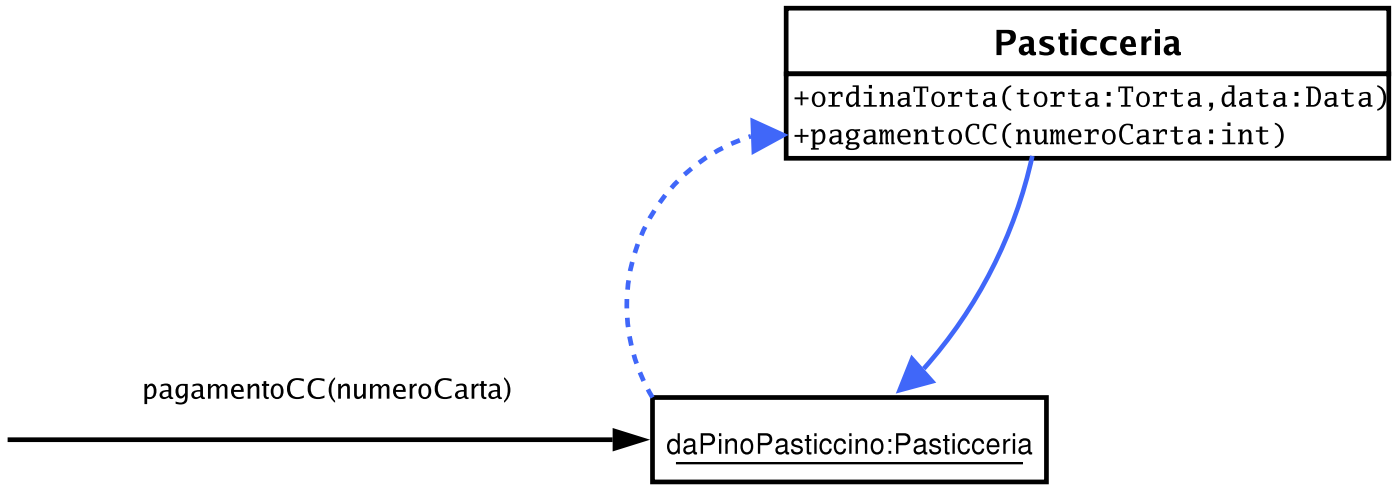
Esecuzione del metodo

```
Pasticceria daPinoPasticcino = new Pasticceria();
...
daPinoPasticcino.pagamentoCC(numeroCarta);
```

Esecuzione del metodo

```
Pasticceria daPinoPasticcino = new Pasticceria();
...
daPinoPasticcino.pagamentoCC(numeroCarta);
```

La JVM cerca nella classe `Pasticceria` il metodo da eseguire:



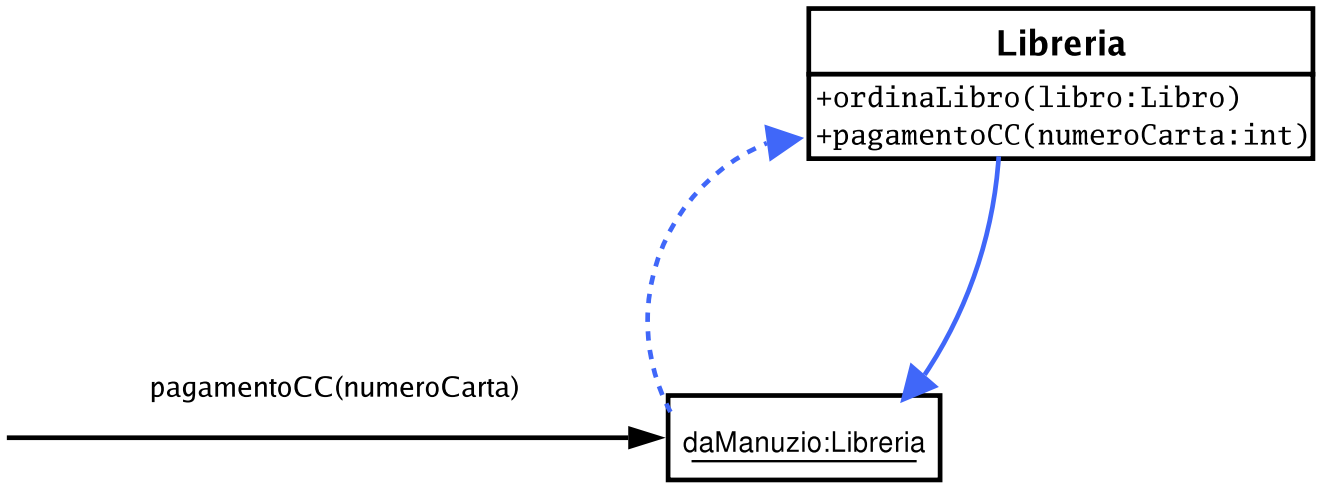
Supponiamo ora di andare in libreria...

```
Libreria daManuzio = new Libreria();
...
daManuzio.pagamentoCC(numeroCarta);
```

Supponiamo ora di andare in libreria...

```
Libreria daManuzio = new Libreria();
...
daManuzio.pagamentoCC(numeroCarta);
```

La JVM cerca nella classe `Libreria` il metodo da eseguire:



Gerarchia

- Spesso i concetti vengono rappresentati in modo gerarchico

Gerarchia

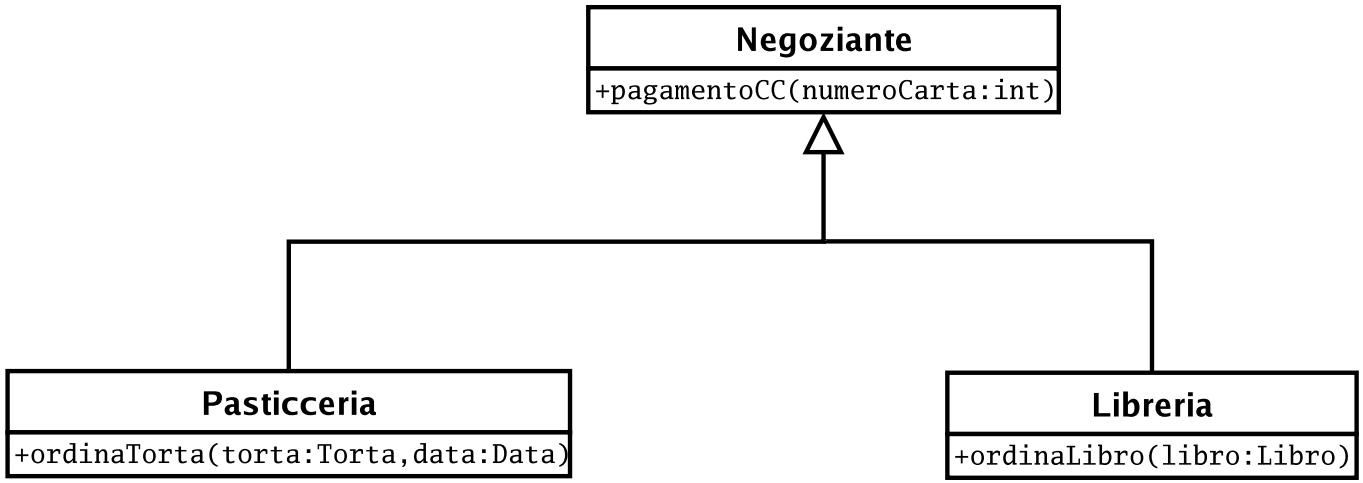
- Spesso i concetti vengono rappresentati in modo gerarchico
- Il messaggio `pagamentoCC` è proprio di una categoria più ampia, quella dei `Negozianti` (nuovo concetto/classe)

Gerarchia

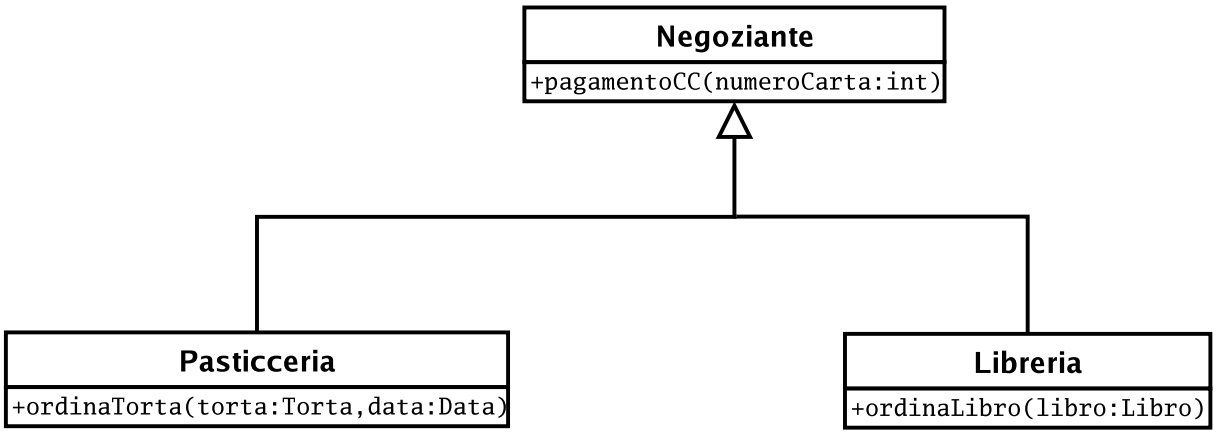
- Spesso i concetti vengono rappresentati in modo gerarchico
- Il messaggio `pagamentoCC` è proprio di una categoria più ampia, quella dei `Negozianti` (nuovo concetto/classe)
- Le proprietà ed i comportamenti di una categoria di oggetti vengono ereditate dalle sotto-categorie

Gerarchia

- Spesso i concetti vengono rappresentati in modo gerarchico
- Il messaggio `pagamentoCC` è proprio di una categoria più ampia, quella dei `Negozianti` (nuovo concetto/classe)
- Le proprietà ed i comportamenti di una categoria di oggetti vengono ereditate dalle sotto-categorie

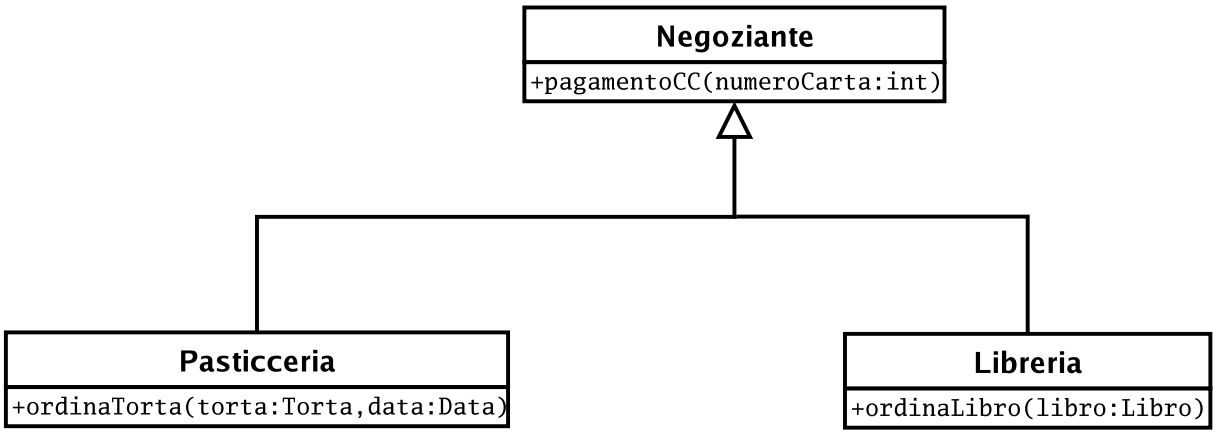


Ricerca del metodo da eseguire



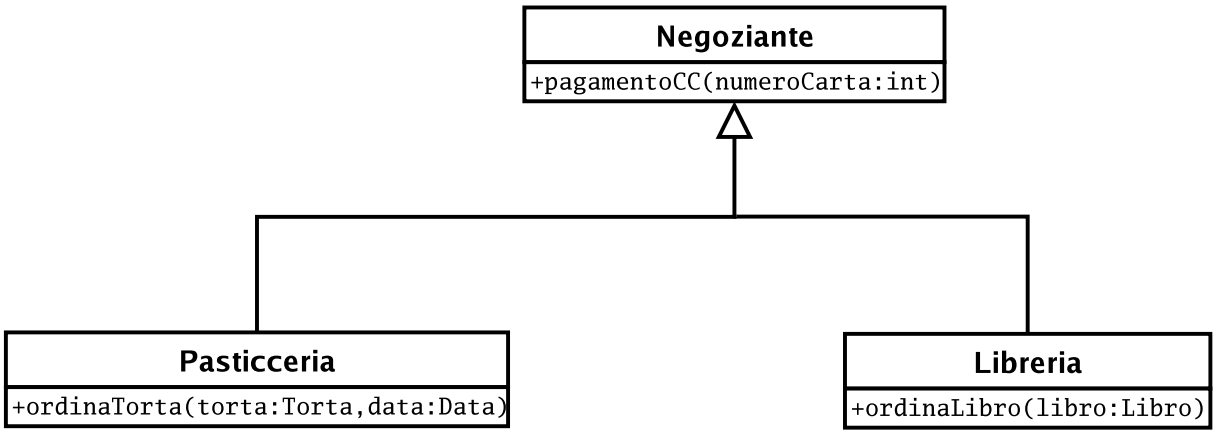
- Il metodo è definito nella classe `Negoziante` (superclasse)

Ricerca del metodo da eseguire



- Il metodo è definito nella classe `Negoziante` (superclasse)
- `Pasticceria` e `Libreria` (sottoclassi) lo ereditano

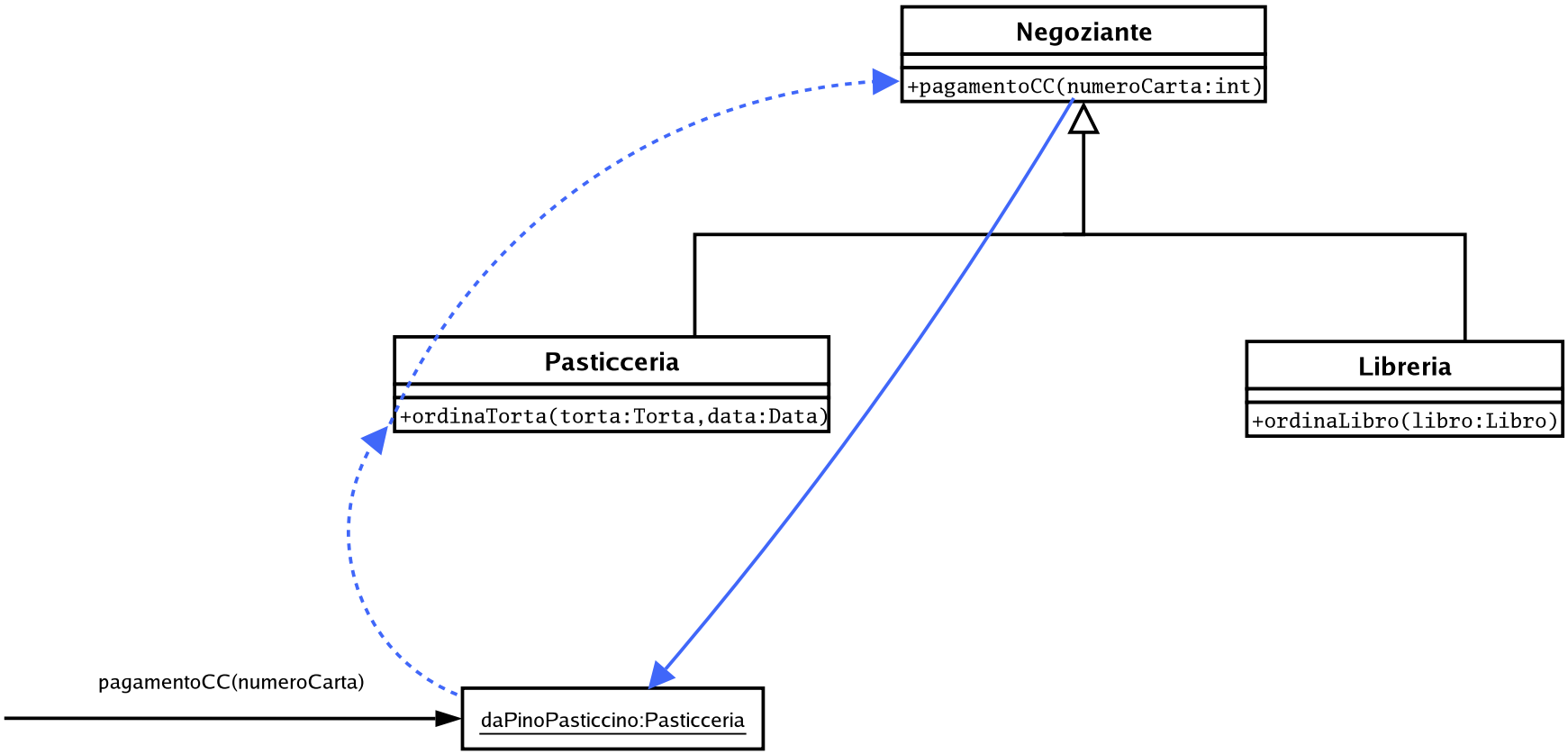
Ricerca del metodo da eseguire



- Il metodo è definito nella classe `Negoziante` (superclasse)
- `Pasticceria` e `Libreria` (sottoclassi) lo ereditano
- La JVM deve cercare nella gerarchia il codice da eseguire in risposta ad un metodo

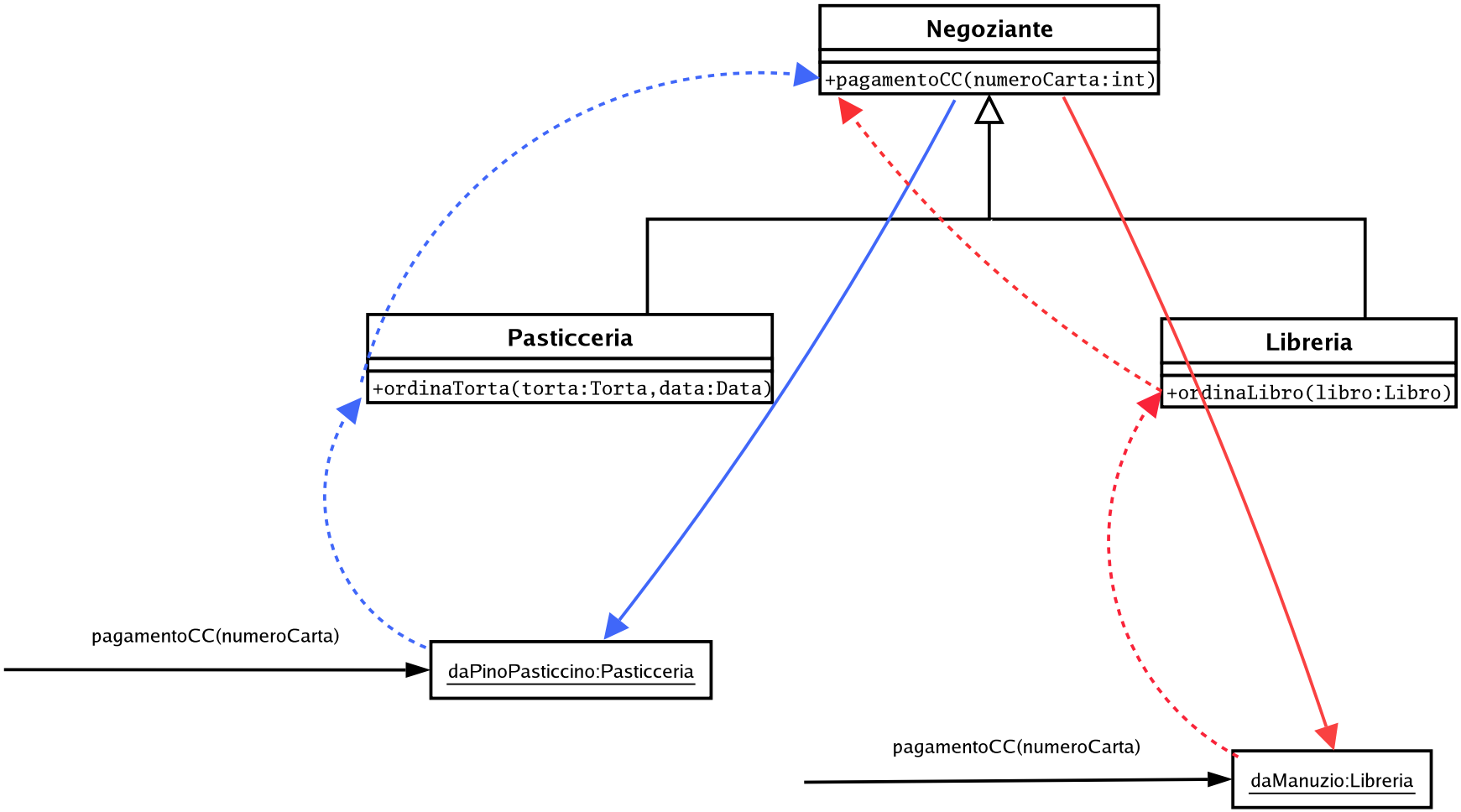
Ricerca del metodo

```
daPinoPasticcino.pagamentoCC(numeroCarta);
```



Ricerca del metodo

```
daPinoPasticcino.pagamentoCC(numeroCarta);
daManuzio.pagamentoCC(numeroCarta);
```



Gerarchia e tipi

- Una classe definisce un tipo i cui valori sono tutte le istanze possibili della classe

Gerarchia e tipi

- Una classe definisce un tipo i cui valori sono tutte le istanze possibili della classe
- Possiamo pensare che il tipo di un oggetto è determinato dall'insieme dei messaggi a cui può rispondere

Gerarchia e tipi

- Una classe definisce un tipo i cui valori sono tutte le istanze possibili della classe
- Possiamo pensare che il tipo di un oggetto è determinato dall'insieme dei messaggi a cui può rispondere
- A un oggetto di tipo `A` possiamo inviare tutti i messaggi specificati nella classe `A`

Gerarchia e tipi

- Una classe definisce un tipo i cui valori sono tutte le istanze possibili della classe
- Possiamo pensare che il tipo di un oggetto è determinato dall'insieme dei messaggi a cui può rispondere
- A un oggetto di tipo `A` possiamo inviare tutti i messaggi specificati nella classe `A`

A `daPinoPasticcino` possiamo inviare tutti i messaggi specificati nella classe `Pasticceria`.

Gerarchia e tipi

- In presenza di ereditarietà tutti i metodi delle superclassi vengono ereditati dalle sottoclassi

Gerarchia e tipi

- In presenza di ereditarietà tutti i metodi delle superclassi vengono ereditati dalle sottoclassi

  A `daPinoPasticcino` possiamo inviare anche tutti i messaggi definiti nella classe `Negoziante`

Gerarchia e tipi

- In presenza di ereditarietà tutti i metodi delle superclassi vengono ereditati dalle sottoclassi

  A `daPinoPasticcino` possiamo inviare anche tutti i messaggi definiti nella classe `Negoziante`

- Il tipo determinato dalla sottoclasse è un sottotipo del tipo determinato dalla superclasse.

Gerarchia e tipi

- In presenza di ereditarietà tutti i metodi delle superclassi vengono ereditati dalle sottoclassi

  A `daPinoPasticcino` possiamo inviare anche tutti i messaggi definiti nella classe `Negoziante`

- Il tipo determinato dalla sottoclasse è un sottotipo del tipo determinato dalla superclasse.

  Tutti gli oggetti della sottoclasse possano essere trattati anche come oggetti della superclasse

Relazione *'è un'*

La relazione sottoclasse/superclasse definisce una relazione di tipo 'è un'.

Relazione *'è un'*

La relazione sottoclasse/superclasse definisce una relazione di tipo 'è un'.

Ogni oggetto della sottoclasse è un oggetto della superclasse.

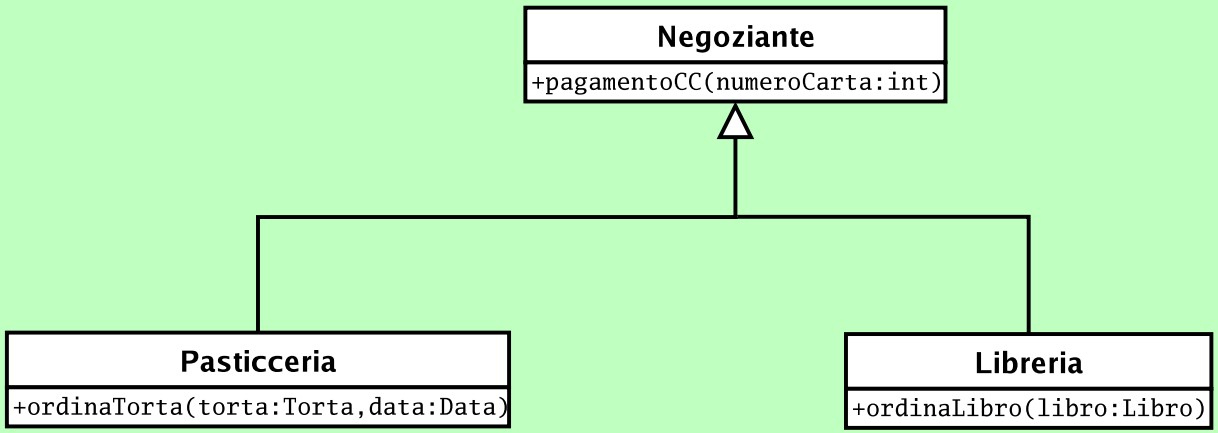
Relazione *'è un'*

La relazione sottoclasse/superclasse definisce una relazione di tipo 'è un'.

Ogni oggetto della sottoclasse è un oggetto della superclasse.

daPinoPasticcino è *un* Negoziante

```
Pasticceria daPinoPasticcino = new Pasticceria();
```



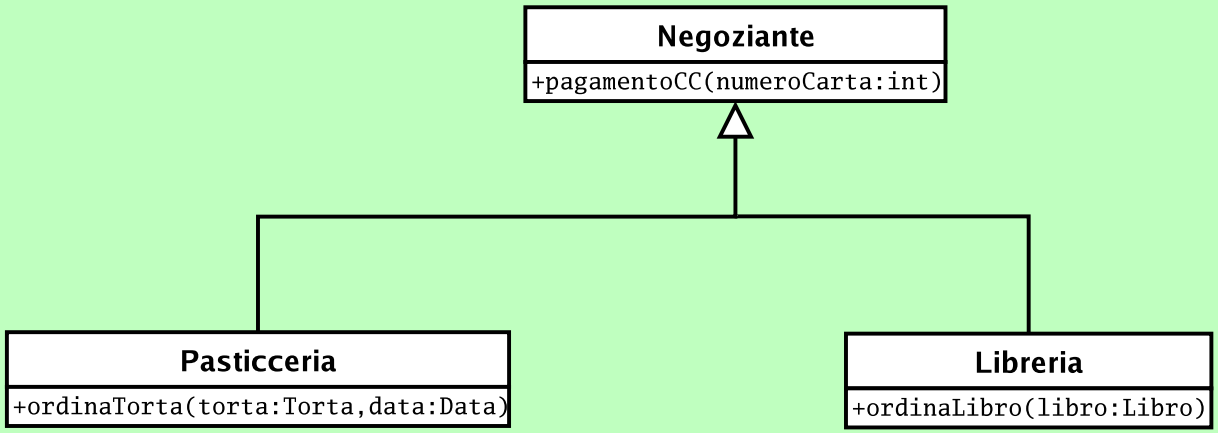
Relazione *'è un'*

Possiamo assegnare ad una variabile del tipo della superclasse un oggetto della sottoclasse.

Relazione *'è un'*

Possiamo assegnare ad una variabile del tipo della superclasse un oggetto della sottoclasse.

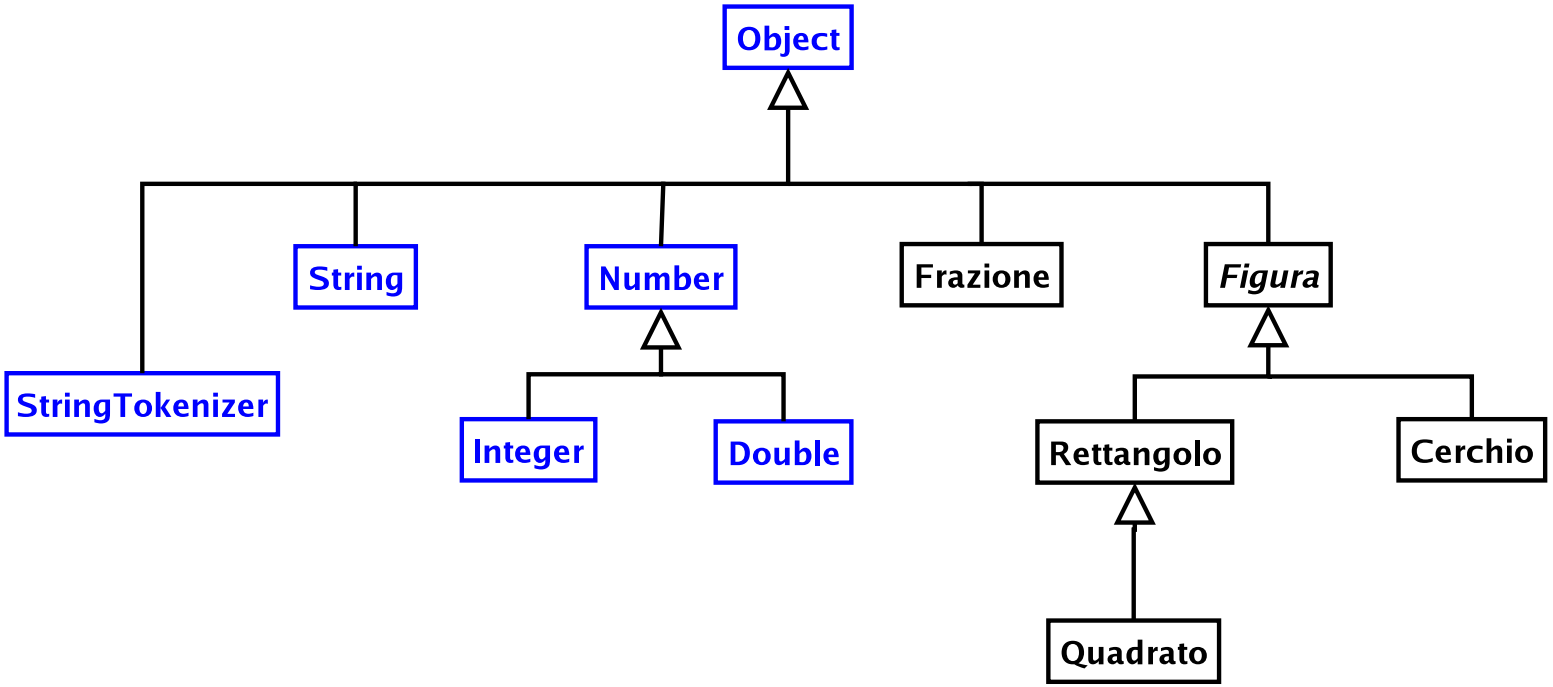
Esempio




```
Negoziante n;

n = new Pasticceria();

n = new Libreria();
```

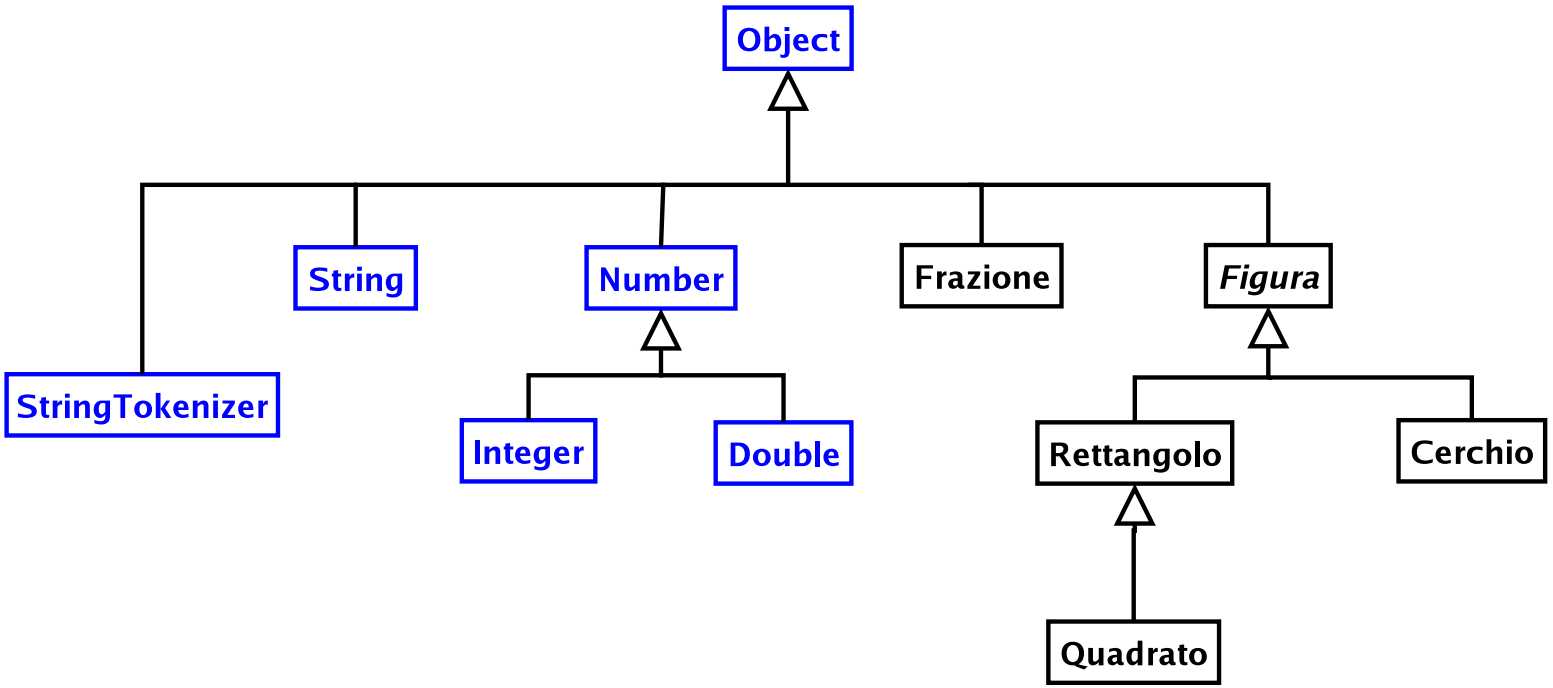
La gerarchia di Java

È organizzata ad albero:



La gerarchia di Java

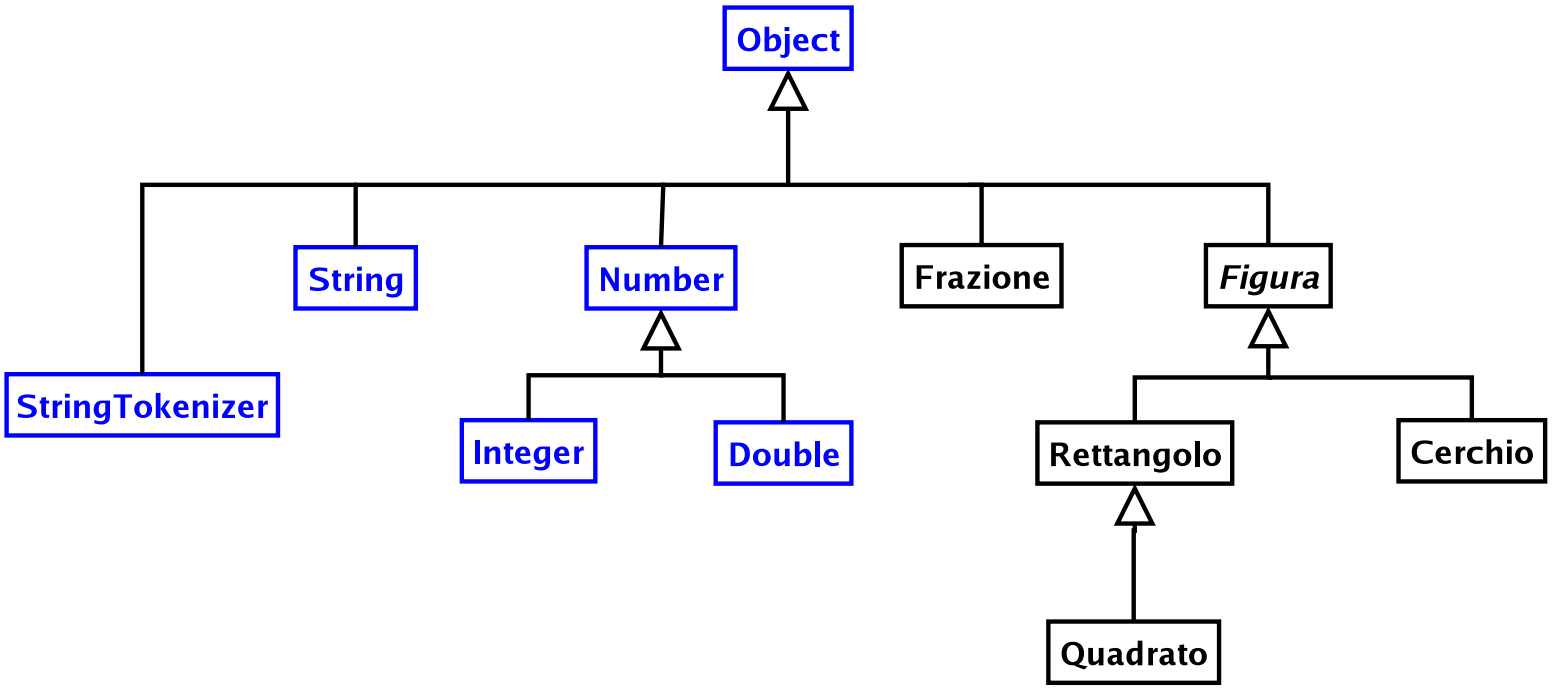
È organizzata ad albero:



- Ogni classe estende al più una classe (la sua superclasse diretta)

La gerarchia di Java

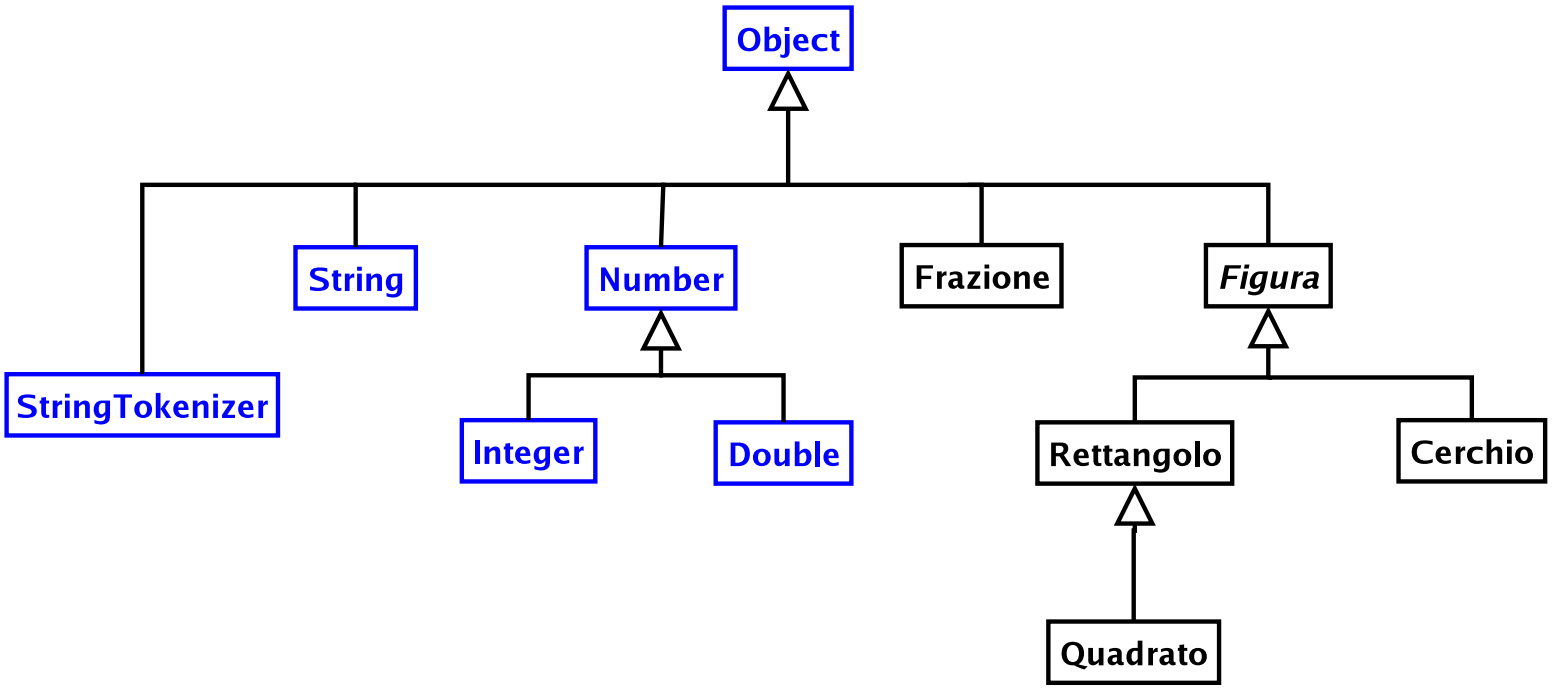
È organizzata ad albero:



- Ogni classe estende al più una classe (la sua superclasse diretta)
- Ogni classe può essere estesa da più sottoclassi

La gerarchia di Java

È organizzata ad albero:

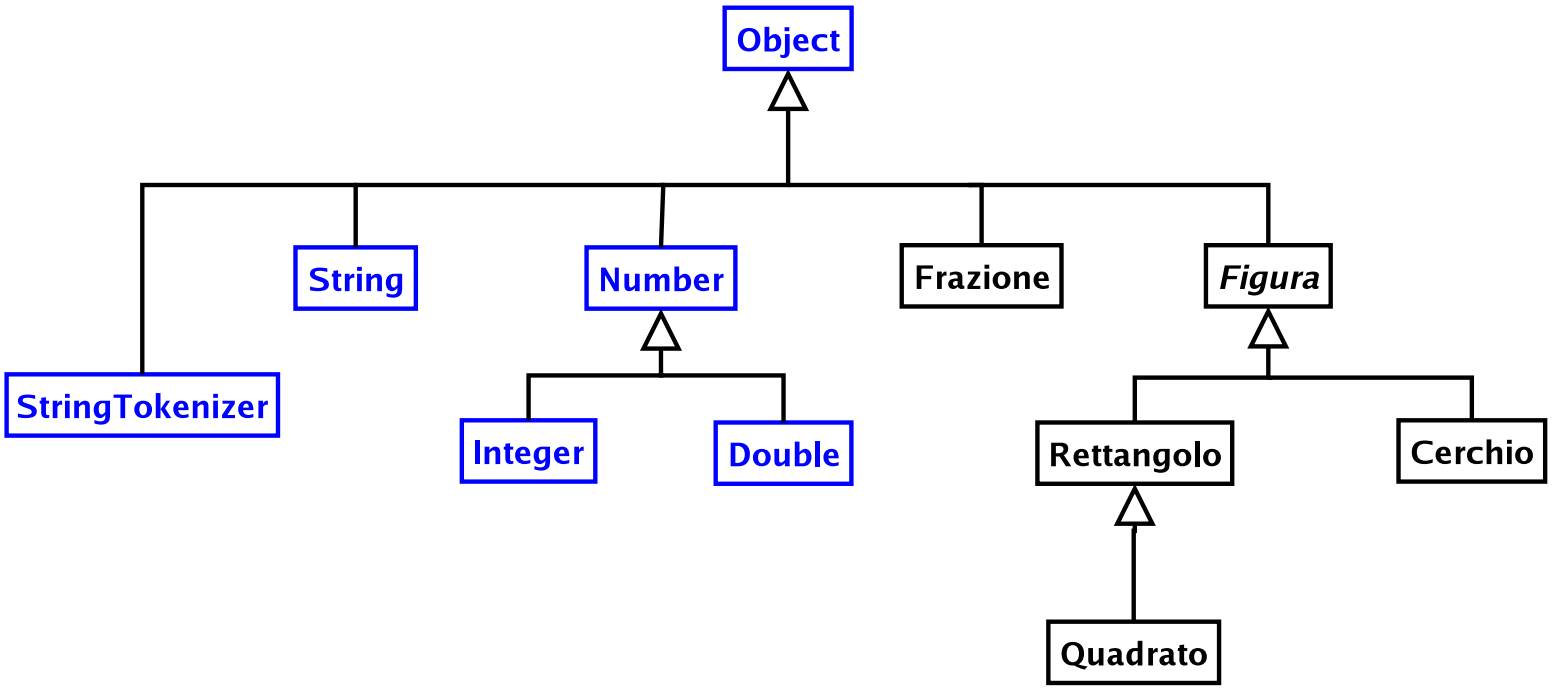


- Ogni classe estende al più una classe (la sua superclasse diretta)
- Ogni classe può essere estesa da più sottoclassi
- Ha una radice: la classe `Object` (`java.lang`)

La gerarchia di Java: `Object`

Metodi

- `public String toString()`
- `public boolean equals(Object o)`
- ...



La classe Rettangolo

Rettangolo

Le sue istanze rappresentano rettangoli.

La classe Rettangolo

Rettangolo

Le sue istanze rappresentano rettangoli.

Costruttori

- `public Rettangolo(double x, double y)`
  Costruisce un oggetto che rappresenta un rettangolo, la cui base e la cui altezza hanno le lunghezze fornite, rispettivamente, tramite il primo e il secondo argomento.

La classe Rettangolo

Metodi

- `public double getArea()`
- `public double getPerimetro()`
- `public boolean equals(Rettangolo r)`
- `public boolean haAreaMaggiore(Rettangolo r)`
- `public boolean haPerimetroMaggiore(Rettangolo r)`
- `public double getBase()`
- `public double getAltezza()`
- `public String toString()`

  `"base = 3.4, altezza = 1.0"`

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");
double b = in.readDouble("base? ");
double a = in.readDouble("altezza? ");
```

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");
double b = in.readDouble("base? ");
double a = in.readDouble("altezza? ");

//costruzione dell'oggetto
Rettangolo r = new Rettangolo(b, a);
```

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");
double b = in.readDouble("base? ");
double a = in.readDouble("altezza? ");

//costruzione dell'oggetto
Rettangolo r = new Rettangolo(b, a);

//comunicazione del risultato
out.print("Rettangolo letto: ");
out.println(r.toString());
out.println("L'area e' " + r.getArea());
out.println("Il perimetro e' " + r.getPerimetro());
...
```

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");
double b = in.readDouble("base? ");
double a = in.readDouble("altezza? ");

//costruzione dell'oggetto
Rettangolo r = new Rettangolo(b, a);

//comunicazione del risultato
out.print("Rettangolo letto: ");
out.println(r.toString());
out.println("L'area e' " + r.getArea());
out.println("Il perimetro e' " + r.getPerimetro());
...
```

Cosa succede se l'applicazione riceve base o altezza negative?

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
double b, a;
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");

while ((b = in.readDouble("base? ")) < 0)
  out.println("Attenzione: la base di un rettangolo " +
              "non puo'essere negativa!");
```

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
double b, a;
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");

while ((b = in.readDouble("base? ")) < 0)
  out.println("Attenzione: la base di un rettangolo " +
              "non puo'essere negativa!");

while ((a = in.readDouble("altezza? ")) < 0)
  out.println("Attenzione: l'altezza di un rettangolo " +
              "non puo' essere negativa!");
```

ProvaRettangolo

```
...
//lettura dati
double b, a;
out.println("Inserire i dati del rettangolo:");

while ((b = in.readDouble("base? ")) < 0)
  out.println("Attenzione: la base di un rettangolo " +
              "non puo'essere negativa!");

while ((a = in.readDouble("altezza? ")) < 0)
  out.println("Attenzione: l'altezza di un rettangolo " +
              "non puo' essere negativa!");

//costruzione dell'oggetto
Rettangolo r = new Rettangolo(b, a);

//comunicazione del risultato
...
```

Esempio

- Si scriva un'applicazione per determinare il rettangolo con area maggiore in una sequenza di rettangoli fornita da tastiera.

Esempio

- Si scriva un'applicazione per determinare il rettangolo con area maggiore in una sequenza di rettangoli fornita da tastiera.
- Se vi sono più rettangoli con la stessa area, maggiore di quella degli altri, l'applicazione comunicherà i dati di uno qualunque di essi.

Esempio

- Si scriva un'applicazione per determinare il rettangolo con area maggiore in una sequenza di rettangoli fornita da tastiera.
- Se vi sono più rettangoli con la stessa area, maggiore di quella degli altri, l'applicazione comunicherà i dati di uno qualunque di essi.

Schema

```
do {
  leggi i dati di un rettangolo
  se il rettangolo letto ha area maggiore dei precedenti
    memorizzane il riferimento
} while (l'utente vuole inserire un altro rettangolo)
comunica i dati relativi al rettangolo di area maggiore
```

Sottoprogramma per la lettura di un rettangolo

```
private static Rettangolo leggiRettangolo(ConsoleInputManager in,
                                          ConsoleOutputManager out) {
  //leggi i dati del rettangolo
  out.println("Inserisci i dati di un rettangolo:");
  double x = in.readDouble(" - base? ");
  double y = in.readDouble(" - altezza? ");
  while (x < 0 || y < 0) {
    out.println("I dati inseriti non rappresentano un rettangolo.");
    out.println("Inserisci i dati di un rettangolo:");
    x = in.readDouble(" - base? ");
    y = in.readDouble(" - altezza? ");
  }
  Rettangolo r = new Rettangolo(x, y);
  out.println("Rettangolo:");
  out.println("  " + r.toString());
  out.println("  area = " + r.getArea() +
              ", perimetro = " + r.getPerimetro());
  out.println();
  return r;
}
```

RettangoloAreaMax

```
...
Rettangolo rAreaMax = null;
boolean continuare;

do {
  //leggi i dati di un rettangolo
  Rettangolo r = leggiRettangolo(in, out);

  //confronta il rettangolo con quello di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;

  continuare = in.readSiNo("Vuoi inserire i dati di un altro " +
                           "rettangolo? (s/n) ");
} while (continuare);

//comunica le caratteristiche del rettangolo di area maggiore
out.println("Rettangolo di area maggiore: ");
out.println("  " + rAreaMax.toString());
out.println("  area = " + rAreaMax.getArea() +
            ", perimetro = " + rAreaMax.getPerimetro());
...
```

La classe Quadrato

Quadrato

Le sue istanze rappresentano quadrati.

La classe Quadrato

Quadrato

Le sue istanze rappresentano quadrati.

Costruttori

- `public Quadrato(double x)`
  Costruisce un oggetto che rappresenta un quadrato il cui lato ha la lunghezza fornita tramite il parametro.

La classe Quadrato

Metodi

- `public double getArea()`
- `public double getPerimetro()`
- `public boolean equals(Quadrato q)`
- `public boolean haAreaMaggiore(Quadrato q)`
- `public boolean haPerimetroMaggiore(Quadrato q)`
- `public double getLato()`
- `public String toString()`

  `"lato = 5.1"`

Esempio: estensione di `RettangoloAreaMax`

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli e quadrati* fornita da tastiera.

Esempio: estensione di RettangoloAreaMax

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli e quadrati* fornita da tastiera.

```
... rAreaMax = null;
boolean continuare;
...

do {
  //legge i dati di una figura (rettangolo o quadrato)
  ... r = ...lettura della figura...

  //confronta la figura con quella di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;
  ...
} while (continuare);

...comunicazione dei risultati
```

Esempio: estensione di RettangoloAreaMax

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli e quadrati* fornita da tastiera.

```
... rAreaMax = null;
boolean continuare;
...

do {
  //legge i dati di una figura (rettangolo o quadrato)
  ... r = ...lettura della figura...

  //confronta la figura con quella di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;
  ...
} while (continuare);

...comunicazione dei risultati
```

- Di che tipo definiamo `r` e `rAreaMax`?

Quadrato e Rettangolo

- Geometricamente: i quadrati sono particolari rettangoli

Quadrato e Rettangolo

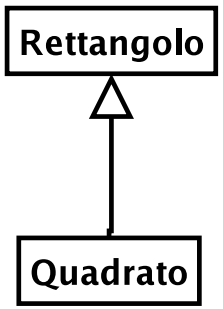
- Geometricamente: i quadrati sono particolari rettangoli
- Questa relazione è presente anche nell'implementazione

```
class Quadrato extends Rettangolo
```

Quadrato e Rettangolo

- Geometricamente: i quadrati sono particolari rettangoli
- Questa relazione è presente anche nell'implementazione

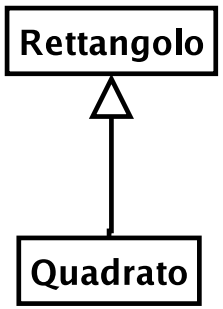
```
class Quadrato extends Rettangolo
```



Quadrato e Rettangolo

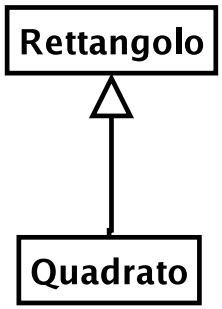
- Geometricamente: i quadrati sono particolari rettangoli
- Questa relazione è presente anche nell'implementazione

```
class Quadrato extends Rettangolo
```



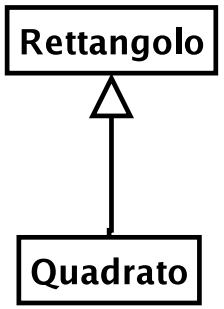
- Una classe che ne estende un'altra ne eredita i metodi e i campi

Terminologia e notazione UML



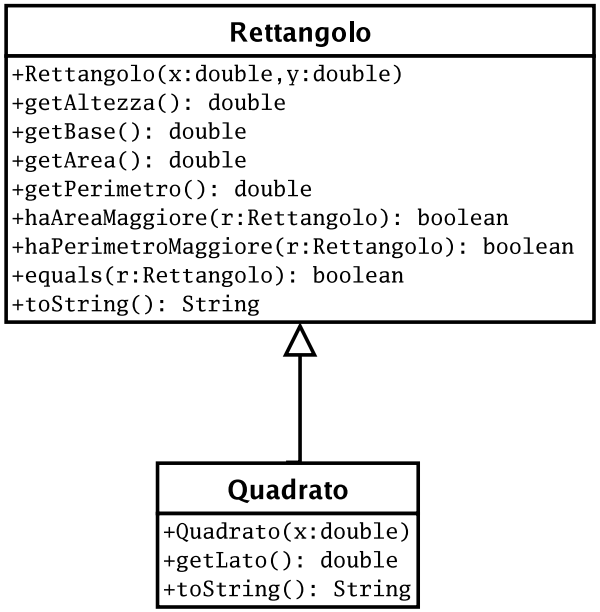
- `Quadrato` è una sottoclasse di `Rettangolo`

Terminologia e notazione UML



- `Quadrato` è una sottoclasse di `Rettangolo`
- `Rettangolo` è una superclasse di `Quadrato`

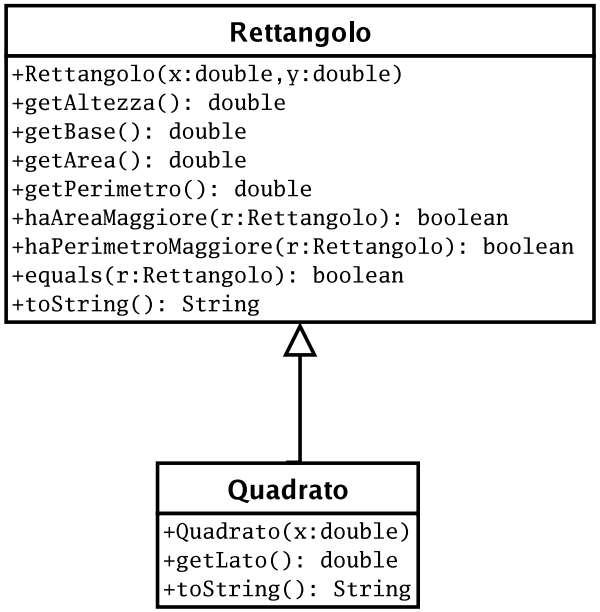
Ereditarietà



`Quadrato`

- eredita i metodi di `Rettangolo`

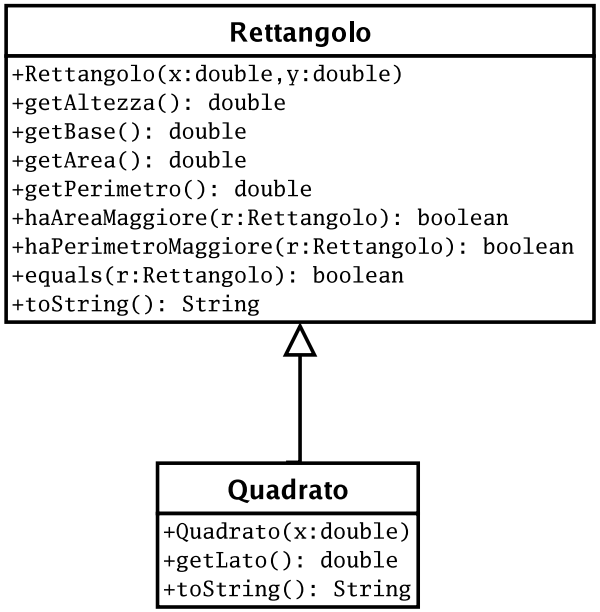
Ereditarietà



`Quadrato`

- eredita i metodi di `Rettangolo`
- ha dei metodi in più rispetto a `Rettangolo`

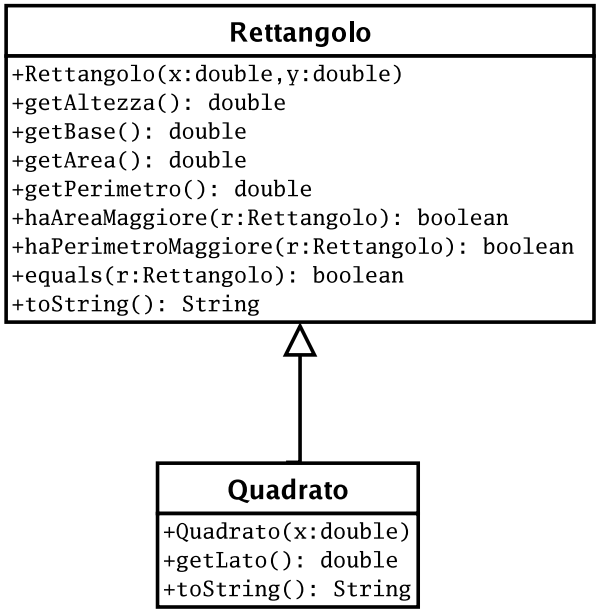
Ereditarietà



`Quadrato`

- eredita i metodi di `Rettangolo`
- ha dei metodi in più rispetto a `Rettangolo`
- ridefinisce alcuni metodi di `Rettangolo`

Ereditarietà



`Quadrato`

- eredita i metodi di `Rettangolo`
- ha dei metodi in più rispetto a `Rettangolo`
- ridefinisce alcuni metodi di `Rettangolo`

Riutilizzo del codice

Chi ha implementato `Quadrato` ha scritto solo ciò che la differenzia da `Rettangolo`

Relazione fra i tipi riferimento

- Il tipo della superclasse è un tipo più ampio di quello della sottoclasse

Relazione fra i tipi riferimento

- Il tipo della superclasse è un tipo più ampio di quello della sottoclasse
- I riferimenti a oggetti della sottoclasse possono essere promossi al tipo della superclasse

Relazione fra i tipi riferimento

- Il tipo della superclasse è un tipo più ampio di quello della sottoclasse
- I riferimenti a oggetti della sottoclasse possono essere promossi al tipo della superclasse

```
Rettangolo r;
Quadrato q = new Quadrato(6);
r = q;
```

Relazione fra i tipi riferimento

- Il tipo della superclasse è un tipo più ampio di quello della sottoclasse
- I riferimenti a oggetti della sottoclasse possono essere promossi al tipo della superclasse

```
Rettangolo r;
Quadrato q = new Quadrato(6);
r = q;
```

```
Rettangolo r = new Quadrato(6);
```

Overriding

```
Rettangolo r = new Quadrato(6);
out.println(r.toString());
```

Quale metodo `toString` viene eseguito?

Overriding

```
Rettangolo r = new Quadrato(6);
out.println(r.toString());
```

Quale metodo `toString` viene eseguito?

- Il metodo da eseguire viene scelto dalla JVM in fase di esecuzione

Overriding

```
Rettangolo r = new Quadrato(6);
out.println(r.toString());
```

Quale metodo `toString` viene eseguito?

- Il metodo da eseguire viene scelto dalla JVM in fase di esecuzione
- Dipende dal tipo dell'oggetto e non dal tipo del riferimento

Overriding

```
Rettangolo r = new Quadrato(6);
out.println(r.toString());
```

Quale metodo `toString` viene eseguito?

- Il metodo da eseguire viene scelto dalla JVM in fase di esecuzione
- Dipende dal tipo dell'oggetto e non dal tipo del riferimento

Polimorfismo

La stessa chiamata può *assumere più forme* a seconda del tipo dell'oggetto a cui viene rivolta.

Esempio

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

out.println(r.toString());
```

- Se x e y contengono 6 stampa

```
lato = 6.0
```

Esempio

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

out.println(r.toString());
```

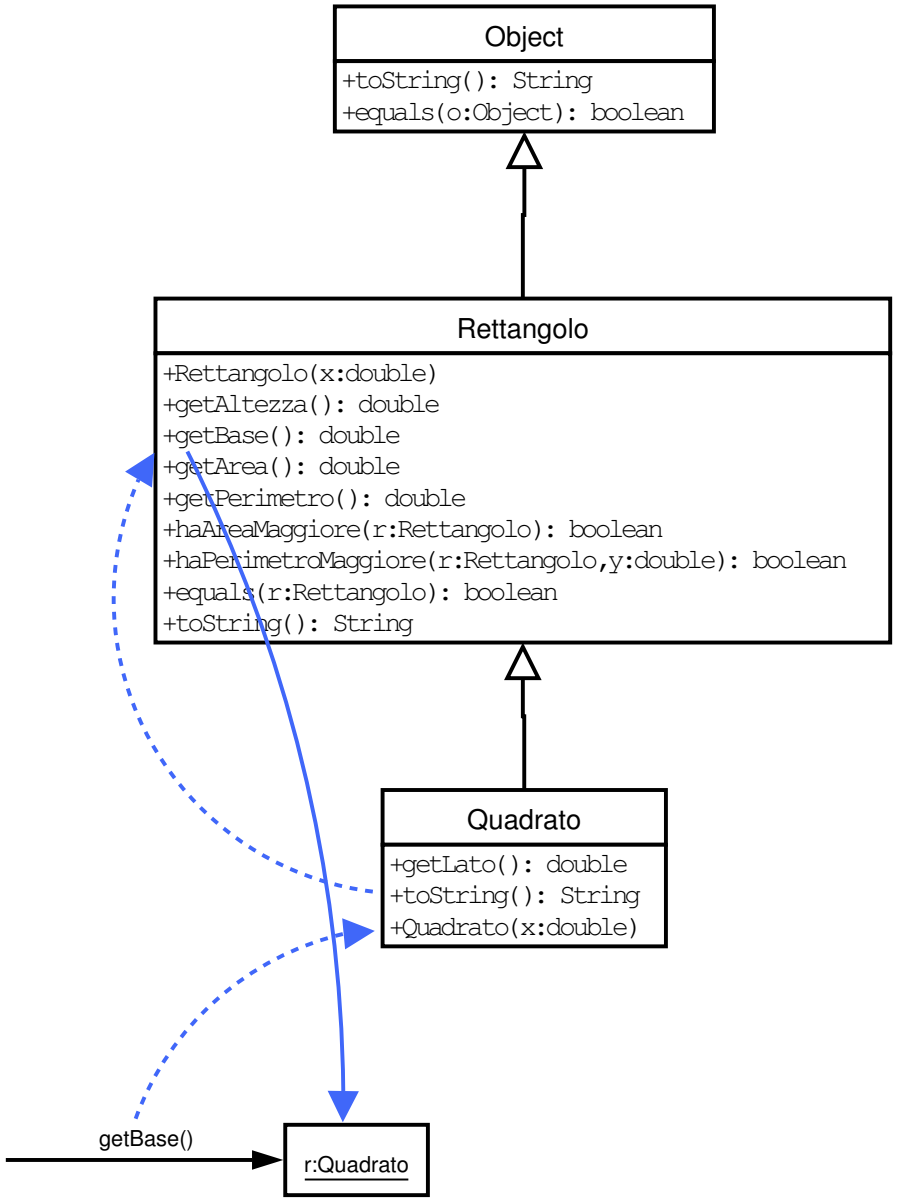
- Se x e y contengono 6 stampa

```
lato = 6.0
```

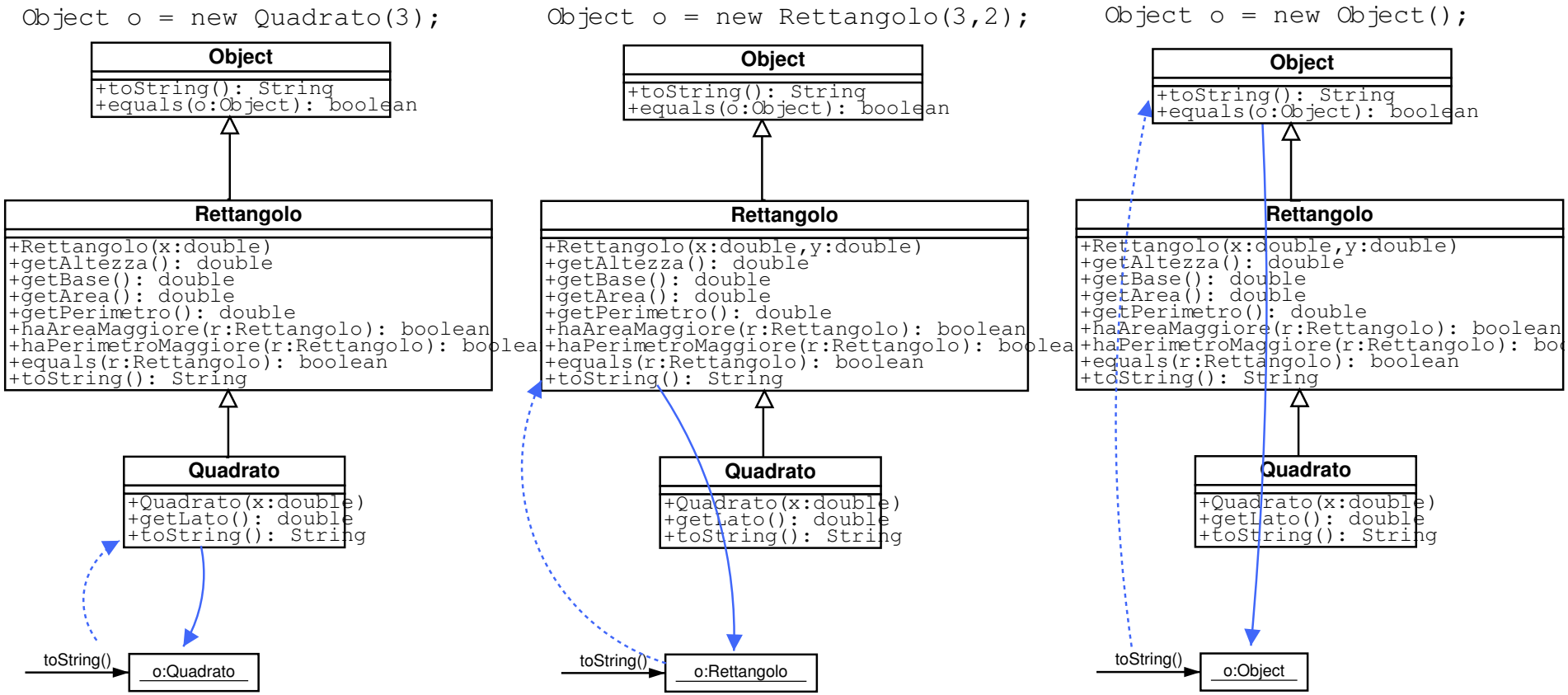
- Se x contiene 7 e y contiene 3 stampa

```
base = 7.0, altezza = 3.0
```

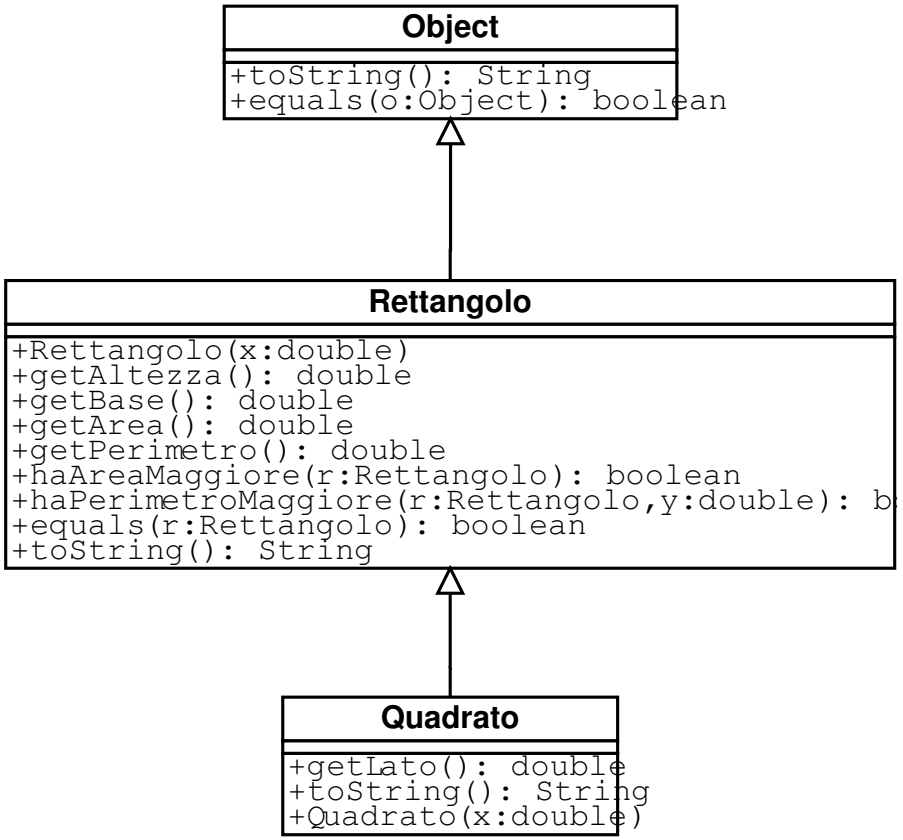
Ricerca del metodo



Comportamento polimorfico



Compilazione ed esecuzione




```
Object o;
...
o.getBase()
```

Non viene accettata dal compilatore.

Compilazione ed esecuzione

Fase di compilazione

Si verifica l'esistenza, per il tipo del riferimento utilizzato, di un metodo che soddisfi la chiamata.

Compilazione ed esecuzione

Fase di compilazione

Si verifica l'esistenza, per il tipo del riferimento utilizzato, di un metodo che soddisfi la chiamata.

Fase di esecuzione

Viene selezionato il metodo da eseguire, sulla base del tipo effettivo dell'oggetto (e non del tipo del riferimento).

Compilazione ed esecuzione

Fase di compilazione

Si verifica l'esistenza, per il tipo del riferimento utilizzato, di un metodo che soddisfi la chiamata.

Fase di esecuzione

Viene selezionato il metodo da eseguire, sulla base del tipo effettivo dell'oggetto (e non del tipo del riferimento).

- La ricerca avviene a partire dalla classe dell'oggetto, risalendo nella gerarchia.

Compilazione ed esecuzione

Fase di compilazione

Si verifica l'esistenza, per il tipo del riferimento utilizzato, di un metodo che soddisfi la chiamata.

Fase di esecuzione

Viene selezionato il metodo da eseguire, sulla base del tipo effettivo dell'oggetto (e non del tipo del riferimento).

- La ricerca avviene a partire dalla classe dell'oggetto, risalendo nella gerarchia.
- Poiché il compilatore ha controllato l'esistenza di un tale metodo per il tipo del riferimento, prima o poi il metodo selezionato sarà trovato (al massimo risalendo nella gerarchia fino al tipo del riferimento).

L'operatore `instanceof`

Sintassi

espressione_riferimento `instanceof` *tipo_riferimento*

L'operatore `instanceof`

Sintassi

espressione_riferimento `instanceof` *tipo_riferimento*

- È un'espressione:

  tipo: `boolean`

L'operatore `instanceof`

Sintassi

espressione_riferimento `instanceof` *tipo_riferimento*

- È un'espressione:

  tipo: `boolean`

  valore: `true` se e solo se *espressione_riferimento* si riferisce a un oggetto che è un'istanza di *tipo_riferimento*

L'operatore `instanceof`

Sintassi

espressione_riferimento `instanceof` *tipo_riferimento*

- È un'espressione:

  tipo: `boolean`

  valore: `true` se e solo se *espressione_riferimento* si riferisce a un oggetto che è un'istanza di *tipo_riferimento*

  Ricordando che un'istanza di una classe è istanza anche di tutte le sue superclassi

Esempio

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

if (r instanceof Quadrato)
  out.print("Quadrato: ");
else
  out.print("Rettangolo: ");

out.println(r.toString());
```

FiguraAreaMax: il metodo leggiRettangolo (1)

```
private static Rettangolo leggiRettangolo(ConsoleInputManager in,
                                          ConsoleOutputManager out) {
  //leggi i dati del rettangolo
  out.println("Inserisci i dati di un rettangolo:");
  double x = in.readDouble(" - base? ");
  double y = in.readDouble(" - altezza? ");

  while (x < 0 || y < 0) {
    out.println("I dati inseriti non rappresentano un rettangolo.");
    out.println("Inserisci i dati di un rettangolo:");
    x = in.readDouble(" - base? ");
    y = in.readDouble(" - altezza? ");
  }

  ...
```

FiguraAreaMax: il metodo leggiRettangolo (2)

```
private static Rettangolo leggiRettangolo(ConsoleInputManager in,
                                          ConsoleOutputManager out) {
  //leggi i dati del rettangolo
  out.println("Inserisci i dati di un rettangolo:");
  double x = in.readDouble(" - base? ");
  double y = in.readDouble(" - altezza? ");

  ...

  Rettangolo r;
  if (x == y) {
    r = new Quadrato(x);
    out.println("La figura Ã¨ un quadrato:");
  } else {
    r = new Rettangolo(x, y);
    out.println("La figura Ã¨ un rettangolo:");
  }
  out.println("  " + r.toString());
  out.println("  area = " + r.getArea() +
              ", perimetro = " + r.getPerimetro());
  out.println();
  return r;
}
```

FiguraAreaMax (1)

```
...
Rettangolo rAreaMax = null;
boolean continuare;

do {
  //leggi i dati di una figura (rettangolo o quadrato)
  Rettangolo r = leggiRettangolo(in, out);

  //confronta la figura con quella di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;

  continuare = in.readSiNo("Vuoi inserire i dati di un'altra " +
                           "figura? (s/n) ");
} while (continuare);

...
```

FiguraAreaMax (2)

```
...
Rettangolo rAreaMax = null;
boolean continuare;

...

//comunica le caratteristiche della figura di area maggiore
out.print("La figura di area maggiore Ã¨ un ");
if (rAreaMax instanceof Quadrato)
  out.println("quadrato:  ");
else
  out.println("rettangolo:  ");
out.println("  " + rAreaMax.toString());
out.println("  area = " + rAreaMax.getArea() +
            ", perimetro = " + rAreaMax.getPerimetro());
...
```

La classe Cerchio

Cerchio

Le sue istanze rappresentano cerchi.

La classe Cerchio

Cerchio

Le sue istanze rappresentano cerchi.

Costruttore

- `public Cerchio(double r)`
  Costruisce un oggetto che rappresenta il cerchio il cui raggio è specificato dall'argomento.

La classe Cerchio

Metodi

- `public double getRaggio()`
- `public double getArea()`
- `public double getCirconferenza()`
- `public double getPerimetro()`
- `public boolean equals(Cerchio c)`
- `public boolean haAreaMaggiore(Cerchio c)`
- `public boolean haPerimetroMaggiore(Cerchio c)`
- `public String toString()`

  `"raggio = 3.1"`

FiguraAreaMax: schema

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli, quadrati e cerchi* fornita da tastiera.

FiguraAreaMax: schema

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli, quadrati e cerchi* fornita da tastiera.

```
... r, rAreaMax = null;
boolean continuare;
...

do {
  //legge i dati di una figura (rettangolo, quadrato o cerchio)
  ... r = ...lettura della figura...

  //confronta la figura con quella di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;
  ...
} while (continuare);

...comunicazione dei risultati
```

FiguraAreaMax: schema

- Si scriva un'applicazione per determinare la figura con area maggiore in una sequenza di *rettangoli, quadrati e cerchi* fornita da tastiera.

```
... r, rAreaMax = null;
boolean continuare;
...

do {
  //legge i dati di una figura (rettangolo, quadrato o cerchio)
  ... r = ...lettura della figura...

  //confronta la figura con quella di area maggiore
  if (rAreaMax == null || r.haAreaMaggiore(rAreaMax))
    rAreaMax = r;
  ...
} while (continuare);

...comunicazione dei risultati
```

- Di che tipo definiamo `r` e `rAreaMax`?

La classe astratta `Figura`

- Rettangoli, quadrati e cerchi sono particolari figure geometriche

La classe astratta `Figura`

- Rettangoli, quadrati e cerchi sono particolari figure geometriche
- `Rettangolo`, `Quadrato` e `Cerchio`, sono state progettate tenendone conto...

La classe astratta `Figura`

- Rettangoli, quadrati e cerchi sono particolari figure geometriche
- `Rettangolo`, `Quadrato` e `Cerchio`, sono state progettate tenendone conto...

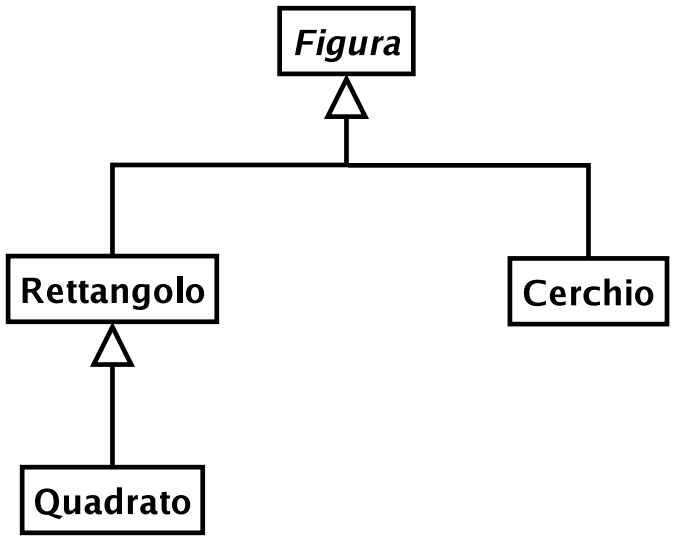
  ... sono sottoclassi della classe `Figura`

La classe astratta Figura

- Rettangoli, quadrati e cerchi sono particolari figure geometriche
- `Rettangolo`, `Quadrato` e `Cerchio`, sono state progettate tenendone conto...

  ... sono sottoclassi della classe `Figura`

```
class Rettangolo extends Figura

class Cerchio extends Figura

class Quadrato extends Rettangolo
```



La classe astratta `Figura`

- Tutte le figure geometriche hanno un area e un perimetro:

La classe astratta `Figura`

- Tutte le figure geometriche hanno un area e un perimetro:

Metodi

- `double getArea()`
- `double getPerimetro()`

La classe astratta `Figura`

- Tutte le figure geometriche hanno un area e un perimetro:

Metodi

- `double getArea()`
- `double getPerimetro()`

- Il procedimento per il calcolo dell'area e del perimetro dipende dal tipo concreto di figura, quindi non siamo in grado di definirli nella classe `Figura`

La classe astratta `Figura`

- Tutte le figure geometriche hanno un area e un perimetro:

Metodi

- `double getArea()`
- `double getPerimetro()`

- Il procedimento per il calcolo dell'area e del perimetro dipende dal tipo concreto di figura, quindi non siamo in grado di definirli nella classe `Figura`
- Sono definiti come metodi astratti (`abstract`)

Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

- Una classe contenente metodi astratti dev'essere dichiarata astratta (`abstract`)

Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

- Una classe contenente metodi astratti dev'essere dichiarata astratta (`abstract`)
- Una classe astratta non può essere istanziata, ma può essere estesa

Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

- Una classe contenente metodi astratti dev'essere dichiarata astratta (`abstract`)
- Una classe astratta non può essere istanziata, ma può essere estesa
- Le sottoclassi di una classe astratta devono fornire l'implementazione di tutti i metodi astratti (salvo che siano anch'esse astratte)

Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

- Una classe contenente metodi astratti dev'essere dichiarata astratta (`abstract`)
- Una classe astratta non può essere istanziata, ma può essere estesa
- Le sottoclassi di una classe astratta devono fornire l'implementazione di tutti i metodi astratti (salvo che siano anch'esse astratte)
- Una classe astratta può contenere anche metodi implementati.

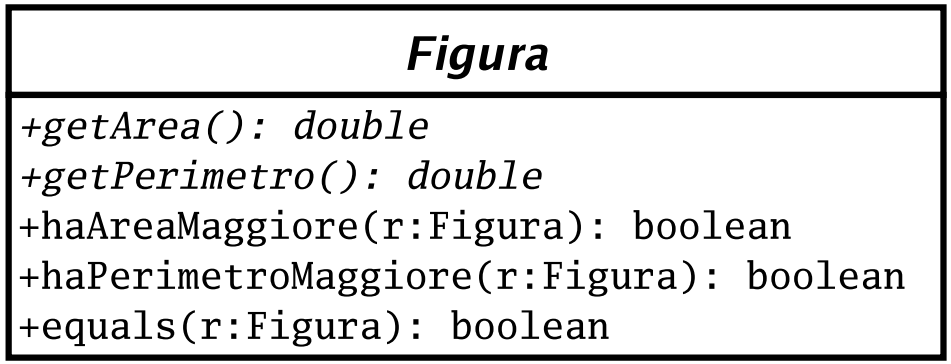
Metodi astratti e classi astratte

Metodi astratti

Metodi di cui è specificato il prototipo ma non l'implementazione.

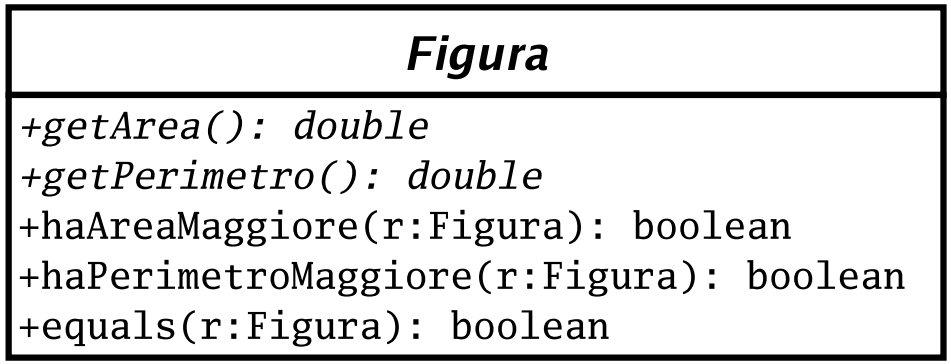
- Una classe contenente metodi astratti dev'essere dichiarata astratta (`abstract`)
- Una classe astratta non può essere istanziata, ma può essere estesa
- Le sottoclassi di una classe astratta devono fornire l'implementazione di tutti i metodi astratti (salvo che siano anch'esse astratte)
- Una classe astratta può contenere anche metodi implementati.
- Classi concrete: le classi che non sono astratte

UML: classi astratte e metodi astratti



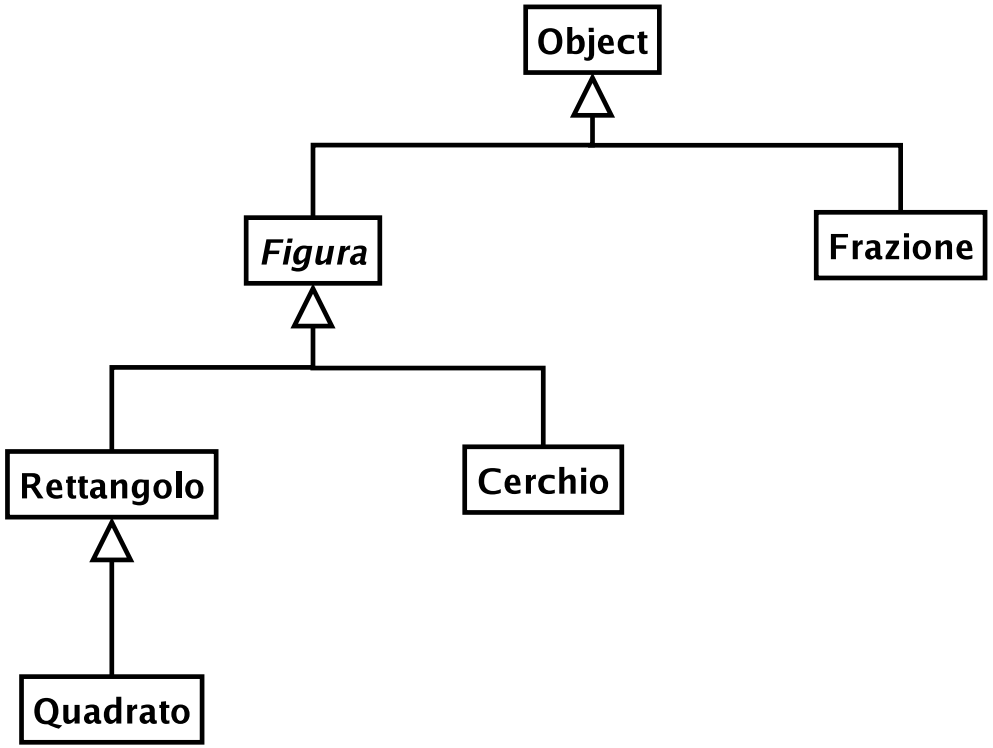
- Classi astratte
  Descritte come le classi concrete ma il nome è indicato in italico.

UML: classi astratte e metodi astratti



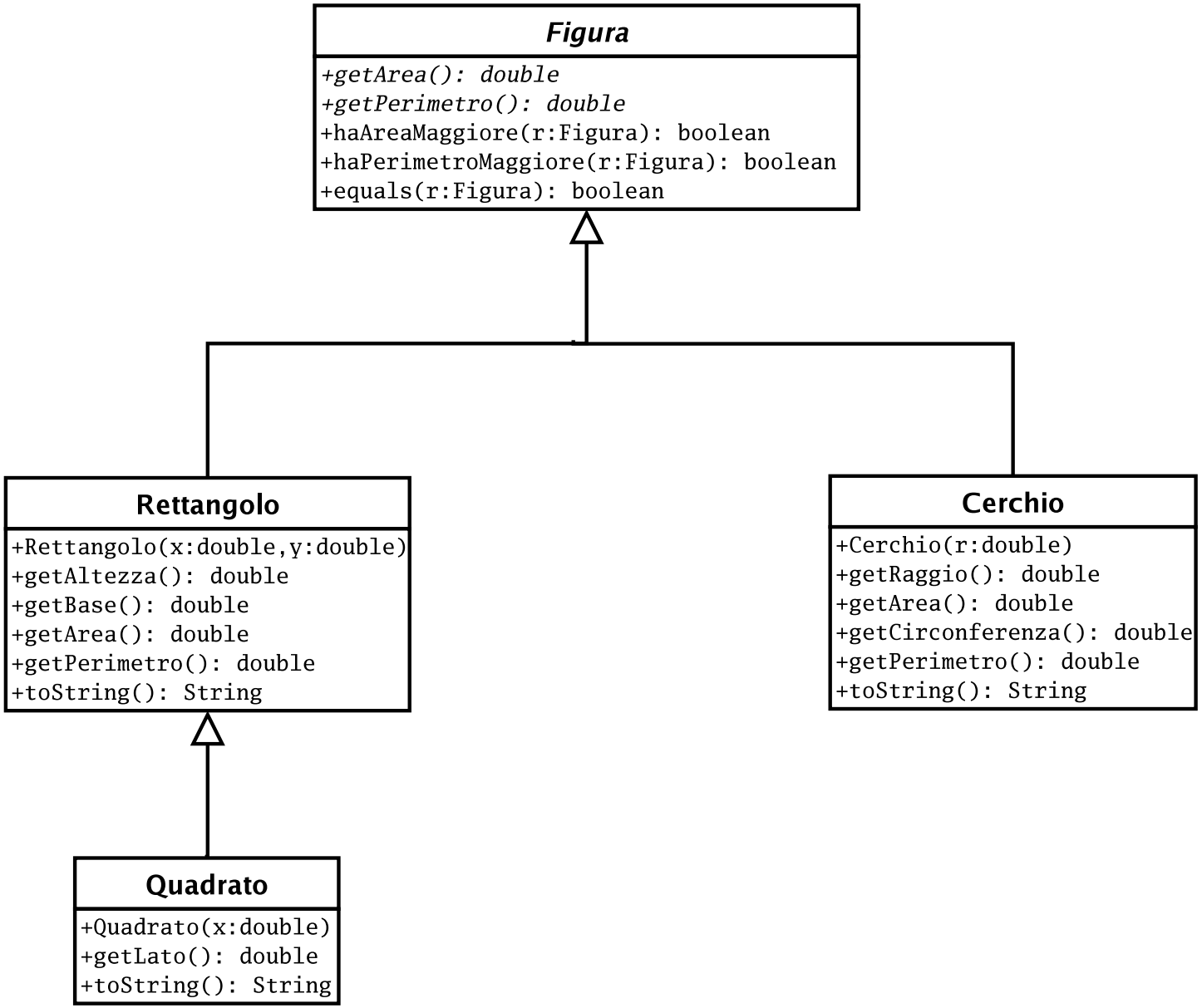
- Classi astratte
  Descritte come le classi concrete ma il nome è indicato in italico.
- Metodi astratti
  Descritti come i metodi concreti ma il prototipo è indicato in italico

Classi astratte e gerarchia



- Le classi astratte forniscono (come quelle concrete) un supertipo comune i cui valori sono tutte le possibili istanze di tutte le sottoclassi

La gerarchia di Figura



Gerarchia e uso dei riferimenti

È possibile assegnare a una variabile il cui tipo sia una classe un riferimento a un oggetto di una sottoclasse

Gerarchia e uso dei riferimenti

È possibile assegnare a una variabile il cui tipo sia una classe un riferimento a un oggetto di una sottoclasse

Esempi

```
Object o = new String("pippo");
       o = new Frazione(1,2);
```

Gerarchia e uso dei riferimenti

È possibile assegnare a una variabile il cui tipo sia una classe un riferimento a un oggetto di una sottoclasse

Esempi

```
Object o = new String("pippo");
       o = new Frazione(1,2);
```

```
Rettangolo r;
Quadrato q;
...
r = q;
```

Gerarchia e uso dei riferimenti

Non è possibile assegnare (direttamente) a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse

Gerarchia e uso dei riferimenti

Non è possibile assegnare (direttamente) a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse

Esempi

```
Object o = new String("pippo");

String s = o;  //errore in compilazione
```

Gerarchia e uso dei riferimenti

Non è possibile assegnare (direttamente) a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse

Esempi

```
Object o = new String("pippo");

String s = o;  //errore in compilazione
```

```
Rettangolo r;
Quadrato q;
...
q = r;  //errore in compilazione
```

Cast di variabili riferimento

È possibile assegnare a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse mediante l'uso del cast

Cast di variabili riferimento

È possibile assegnare a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse mediante l'uso del cast

Esempi

```
Object o = new String("pippo");

String s = (String)o;
```

Cast di variabili riferimento

È possibile assegnare a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse mediante l'uso del cast

Esempi

```
Object o = new String("pippo");

String s = (String)o;
```

```
Rettangolo r;
Quadrato q;
...
q = (Quadrato) r;
```

Cast di variabili riferimento

È possibile assegnare a una variabile del tipo della sottoclasse un riferimento della superclasse mediante l'uso del cast

Esempi

```
Object o = new String("pippo");

String s = (String)o;
```

```
Rettangolo r;
Quadrato q;
...
q = (Quadrato) r;
```

Se l'oggetto riferito da `r` non è un'istanza di `Quadrato` si ha un errore in esecuzione

Esempio

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

Quadrato q = (Quadrato)r;
out.println("Lato = " + q.getLato());
```

Esempio

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

Quadrato q = (Quadrato)r;
out.println("Lato = " + q.getLato());
```

Esecuzione: se `x != y`

```
Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException:
                                        prog.utili.Rettangolo
...
```

Controllare con `instanceof`

È dunque opportuno effettuare un controllo usando `instanceof`, prima di effettuare il cast.

```
Rettangolo r;
double x = in.readInt("Base?");
double y = in.readInt("Altezza?");

if (x == y)
  r = new Quadrato(x);
else
  r = new Rettangolo(x,y);

if (r instanceof Quadrato)
  out.println("Lato = " + ((Quadrato)r).getLato());
```

SequenzaOrdinata<E>

SequenzaOrdinata<E>

Le sue istanze rappresentano sequenze ordinate di oggetti di tipo E.

SequenzaOrdinata<E>

SequenzaOrdinata<E>

Le sue istanze rappresentano sequenze ordinate di oggetti di tipo E.

- Per utilizzarla dobbiamo instanziare il tipo parametro con un tipo riferimento

SequenzaOrdinata<E>

SequenzaOrdinata<E>

Le sue istanze rappresentano sequenze ordinate di oggetti di tipo E.

- Per utilizzarla dobbiamo instanziare il tipo parametro con un tipo riferimento
- Per costruire sequenze ordinate è necessario che il tipo degli elementi sia "ordinabile", cioè che sia definita una relazione d'ordine totale tra i suoi elementi

SequenzaOrdinata<E>

Esempi

```
SequenzaOrdinata<String>   //lecita
SequenzaOrdinata<Frazione> //lecita
SequenzaOrdinata<Integer>  //lecita
```

```
SequenzaOrdinata<Rettangolo> //non lecita
```

SequenzaOrdinata<E>

Esempi

```
SequenzaOrdinata<String>   //lecita
SequenzaOrdinata<Frazione> //lecita
SequenzaOrdinata<Integer>  //lecita
```

```
SequenzaOrdinata<Rettangolo> //non lecita
```

```
type parameter prog.utili.Rettangolo is not within its bound
```

SequenzaOrdinata<E>

Esempi

```
SequenzaOrdinata<String>   //lecita
SequenzaOrdinata<Frazione> //lecita
SequenzaOrdinata<Integer>  //lecita
```

```
SequenzaOrdinata<Rettangolo> //non lecita
```

```
type parameter prog.utili.Rettangolo is not within its bound
```

`String`, `Frazione` e `Integer` implementano l'*interfaccia* `Comparable<T>`

Questo dice al compilatore che i relativi oggetti sono ordinabili

L'interfaccia Comparable<T>

- Interfaccia
  Specifica il prototipo di alcuni metodi senza fornire alcuna implementazione

L'interfaccia Comparable<T>

- Interfaccia
  Specifica il prototipo di alcuni metodi senza fornire alcuna implementazione
- `Comparable<T>`
  Specifica un unico metodo il cui scopo è quello di definire un ordine totale sugli oggetti dei tipo che la implementano

L'interfaccia Comparable<T>

- Interfaccia
  Specifica il prototipo di alcuni metodi senza fornire alcuna implementazione

- `Comparable<T>`
  Specifica un unico metodo il cui scopo è quello di definire un ordine totale sugli oggetti dei tipo che la implementano

Metodi

- `public int compareTo(T o)`
  Confronta l'oggetto che esegue il metodo con quello specificato come argomento, e restituisce un intero negativo, zero, o un intero positivo, a seconda che l'oggetto che esegue il metodo sia minore, uguale o maggiore di quello specificato come argomento.

Riassumendo

Se a e o sono riferimenti a oggetti di tipo T:

$$\texttt{a.compareTo(o)} = \begin{cases} \text{intero negativo} & \text{se} \quad \texttt{a} \text{ è minore di } \texttt{o} \\ 0 & \text{se} \quad \texttt{a.equals(o)} \\ \text{intero positivo} & \text{se} \quad \texttt{a} \text{ è maggiore di } \texttt{o} \end{cases}$$

Riassumendo

Se `a` e `o` sono riferimenti a oggetti di tipo `T`:

$$\texttt{a.compareTo(o)} = \begin{cases} \text{intero negativo} & \text{se} \quad \texttt{a} \text{ è minore di } \texttt{o} \\ 0 & \text{se} \quad \texttt{a.equals(o)} \\ \text{intero positivo} & \text{se} \quad \texttt{a} \text{ è maggiore di } \texttt{o} \end{cases}$$

L'ordinamento rispetto al quale viene effettuato il confronto dipende dagli oggetti:

- `String` ordinamento lessicografico
- `Integer`, `Double`..., ordinamento usuale
- `Data`, `Orario`, ordinamento cronologico

Implementare un'interfaccia

Una classe implementa un'interfaccia:

(1) Dichiarandolo nell'intestazione

Implementare un'interfaccia

Una classe implementa un'interfaccia:

(1) Dichiarandolo nell'intestazione

```
public class Frazione implements Comparable<Frazione>
public class String implements Comparable<String>
public class Integer implements Comparable<Integer>
```

Implementare un'interfaccia

Una classe implementa un'interfaccia:

(1) Dichiarandolo nell'intestazione

```
public class Frazione implements Comparable<Frazione>
public class String implements Comparable<String>
public class Integer implements Comparable<Integer>
```

(2) Fornendo l'implementazione del metodo `compareTo(T o)`, tenendo conto del tipo parametro utilizzato.

Implementare un'interfaccia

Una classe implementa un'interfaccia:

(1) Dichiarandolo nell'intestazione

```
public class Frazione implements Comparable<Frazione>
public class String implements Comparable<String>
public class Integer implements Comparable<Integer>
```

(2) Fornendo l'implementazione del metodo `compareTo(T o)`, tenendo conto del tipo parametro utilizzato.

```
public int compareTo(Frazione o)
public int compareTo(String o)
public int compareTo(Integer o)
```

Interfacce Java

Interfaccia Java

Parte di codice che specifica dei comportamenti senza fornirne l'implementazione.

- Specificano solo prototipi e contratti di metodi (metodi astratti) o costanti

Interfacce Java

Interfaccia Java

Parte di codice che specifica dei comportamenti senza fornirne l'implementazione.

- Specificano solo prototipi e contratti di metodi (metodi astratti) o costanti
- Un'interfaccia "promette" uno o più metodi

Interfacce Java

Interfaccia Java

Parte di codice che specifica dei comportamenti senza fornirne l'implementazione.

- Specificano solo prototipi e contratti di metodi (metodi astratti) o costanti
- Un'interfaccia "promette" uno o più metodi
- Una classe che implementa l'interfaccia soddisfa la promessa

Interfacce Java

Interfaccia Java

Parte di codice che specifica dei comportamenti senza fornirne l'implementazione.

- Specificano solo prototipi e contratti di metodi (metodi astratti) o costanti
- Un'interfaccia "promette" uno o più metodi
- Una classe che implementa l'interfaccia soddisfa la promessa
- Se una classe dichiara di implementare l'interfaccia, ma non fornisce l'implementazione di tutti i suoi metodo allora deve essere astratta

Interfacce e tipi

- Il nome di un'interfaccia definisce un tipo riferimento

Interfacce e tipi

- Il nome di un'interfaccia definisce un tipo riferimento
- È un supertipo per tutte le classi che implementano l'interfaccia

Interfacce e tipi

- Il nome di un'interfaccia definisce un tipo riferimento
- È un supertipo per tutte le classi che implementano l'interfaccia
- Valgono tutte le regole (promozioni e cast) che valgono per gli altri tipi riferimento

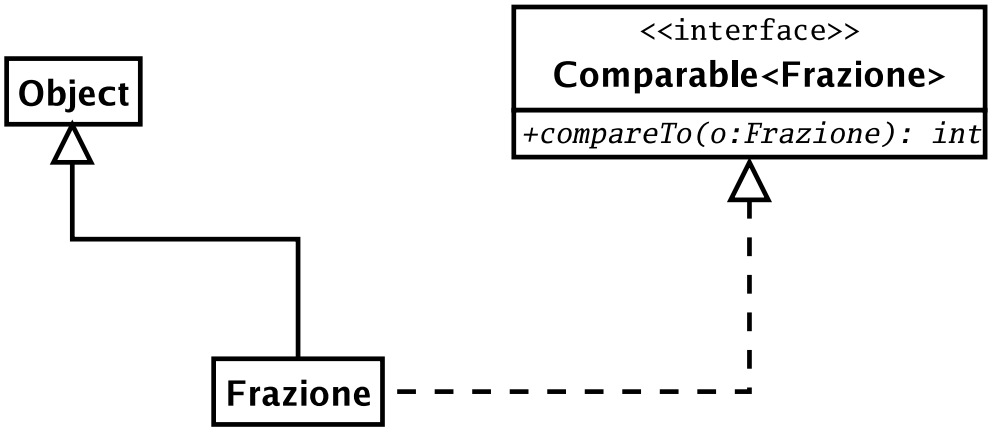
Interfacce e tipi

- Il nome di un'interfaccia definisce un tipo riferimento
- È un supertipo per tutte le classi che implementano l'interfaccia
- Valgono tutte le regole (promozioni e cast) che valgono per gli altri tipi riferimento

Esempio

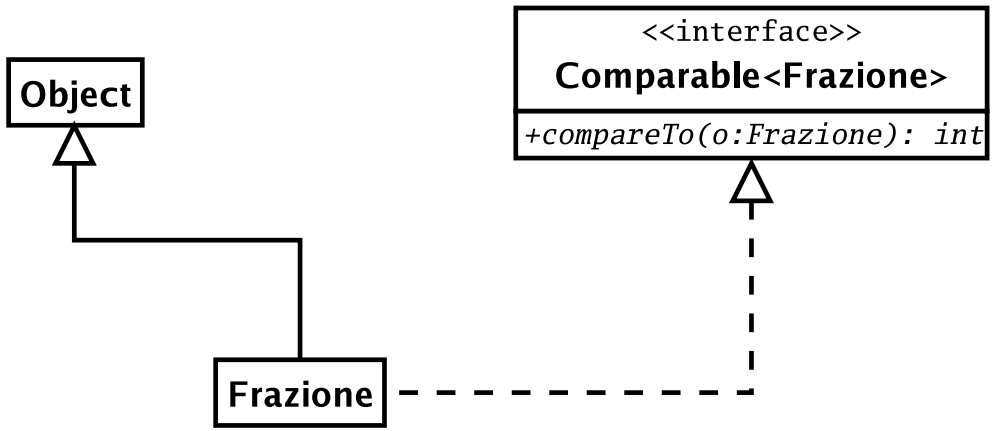
```
Comparable<Frazione> c;

c = new Frazione(3,4);
```

Rappresentazone UML



- Stessa notazione utilizzata per le classi con lo stereotipo `<<interface>>`

Rappresentazone UML



- Stessa notazione utilizzata per le classi con lo stereotipo `<<interface>>`
- La relazione fra un'interfaccia e una classe che la implementa è indicata da una relazione di realizzazione

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

- Ogni classe che implementa `Iterable` rappresenta una collezione di dati che può essere "iterata", cioè scandita, un elemento alla volta, mediante l'uso di un oggetto che viene detto iteratore

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

- Ogni classe che implementa `Iterable` rappresenta una collezione di dati che può essere "iterata", cioè scandita, un elemento alla volta, mediante l'uso di un oggetto che viene detto iteratore
- Un iteratore è un elenco degli elementi presenti nella collezione

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

- Ogni classe che implementa `Iterable` rappresenta una collezione di dati che può essere "iterata", cioè scandita, un elemento alla volta, mediante l'uso di un oggetto che viene detto iteratore
- Un iteratore è un elenco degli elementi presenti nella collezione

L'interfaccia generica `Iterable<E>` prevede un solo metodo:

Metodi

- `public Iterator<E> iterator()`
  Restituisce un iteratore degli oggetti presenti nella collezione che esegue il metodo.

Esempi

`Sequenza<E>` implementa `Iterable<E>` quindi:

```
Sequenza<Frazione> seq = new Sequenza<Frazione>();

...seq.iterator()...
```

Restituisce un'oggetto di tipo `Iterator<Frazione>`

Esempi

`Sequenza<E>` implementa `Iterable<E>` quindi:

```
Sequenza<Frazione> seq = new Sequenza<Frazione>();

...seq.iterator()...
```

Restituisce un'oggetto di tipo `Iterator<Frazione>`

```
Sequenza<String> seq = new Sequenza<String>();

...seq.iterator()...
```

Restituisce un'oggetto di tipo `Iterator<String>`

Iterator<E>

Un iteratore può essere utilizzato mediante i metodi:

Metodi

- `public E next()`
  Restituisce il prossimo elemento dell'iteratore, eliminandolo dall'iteratore (non dalla struttura per la quale l'iteratore è stato costruito). Se l'iteratore è vuoto, si verifica un errore in fase di esecuzione.

Iterator<E>

Un iteratore può essere utilizzato mediante i metodi:

Metodi

- `public E next()`
  Restituisce il prossimo elemento dell'iteratore, eliminandolo dall'iteratore (non dalla struttura per la quale l'iteratore è stato costruito). Se l'iteratore è vuoto, si verifica un errore in fase di esecuzione.

- `public boolean hasNext()`
  Restituisce `true` se l'iteratore contiene degli elementi e `false` in caso contrario.

Scandire un elenco

```
Sequenza<Frazione> frazioni = new Sequenza<Frazione>();
```

Scandire un elenco

```
Sequenza<Frazione> frazioni = new Sequenza<Frazione>();
```

Mediante un ciclo `while`

```
Iterator<Frazione> elenco = frazioni.iterator();

while (elenco.hasNext())
  out.println(elenco.next());
```

Scandire un elenco

```
Sequenza<Frazione> frazioni = new Sequenza<Frazione>();
```

Mediante un ciclo `while`

```
Iterator<Frazione> elenco = frazioni.iterator();

while (elenco.hasNext())
  out.println(elenco.next());
```

Mediante un ciclo `for`

```
for (Iterator<Frazione> elenco = frazioni.iterator();
           elenco.hasNext();)
  out.println(elenco.next());
```

Scandire un elenco

```
Sequenza<Frazione> frazioni = new Sequenza<Frazione>();
```

Mediante un ciclo `while`

```
Iterator<Frazione> elenco = frazioni.iterator();

while (elenco.hasNext())
  out.println(elenco.next());
```

Mediante un ciclo `for`

```
for (Iterator<Frazione> elenco = frazioni.iterator();
           elenco.hasNext();)
  out.println(elenco.next());
```

Mediante un ciclo for–each

```
for (Frazione f : frazioni)
  out.println(f);
```

Iterable<E> e ciclo for–each

Il ciclo for–each può essere utilizzato per scandire qualunque oggetto che implementi l'interfaccia `Iterable<E>`.

Iterable<E> e ciclo for–each

Il ciclo for–each può essere utilizzato per scandire qualunque oggetto che implementi l'interfaccia `Iterable<E>`.

Se `A` è una classe che implementa `Iterable<E>`

Iterable<E> e ciclo for–each

Il ciclo for–each può essere utilizzato per scandire qualunque oggetto che implementi l'interfaccia `Iterable<E>`.

Se `A` è una classe che implementa `Iterable<E>`

```
for (E o: A)
  ...
```

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

`Iterable<E>` è un interfaccia generica che definisce i prototipi dei metodi:

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

`Iterable<E>` è un interfaccia generica che definisce i prototipi dei metodi:

Metodi

- `public E next()`
  Restituisce il prossimo elemento dell'iteratore, eliminandolo dall'iteratore (non dalla struttura per la quale l'iteratore è stato costruito). Se l'iteratore è vuoto, si verifica un errore in fase di esecuzione.

L'interfaccia generica `Iterable<E>`

`Iterable<E>` è un interfaccia generica che definisce i prototipi dei metodi:

Metodi

- `public E next()`
  Restituisce il prossimo elemento dell'iteratore, eliminandolo dall'iteratore (non dalla struttura per la quale l'iteratore è stato costruito). Se l'iteratore è vuoto, si verifica un errore in fase di esecuzione.

- `public boolean hasNext()`
  Restituisce `true` se l'iteratore contiene degli elementi e `false` in caso contrario.

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento
- In cima alla gerarchia: `Object`

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento
- In cima alla gerarchia: `Object`

  Classi

  Ogni classe è sottotipo di `Object`
  - Direttamente: se non estende esplicitamente alcuna classe

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento
- In cima alla gerarchia: `Object`

  Classi

  Ogni classe è sottotipo di `Object`
  - Direttamente: se non estende esplicitamente alcuna classe
  - Indirettamente: se estende una classe diversa da `Object`

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento
- In cima alla gerarchia: `Object`

  Classi

  Ogni classe è sottotipo di `Object`
  - Direttamente: se non estende esplicitamente alcuna classe
  - Indirettamente: se estende una classe diversa da `Object`

  Array

  Ogni array è un oggetto: il tipo di un array è sottotipo di `Object`

Gerarchia dei tipi: riassunto

- Tipi riferimento: classi, array, interfacce
- Tutti i tipi riferimento si trovano all'interno della gerarchia dei tipi riferimento
- In cima alla gerarchia: `Object`

Classi
Ogni classe è sottotipo di `Object`

  - Direttamente: se non estende esplicitamente alcuna classe
  - Indirettamente: se estende una classe diversa da `Object`

Array
Ogni array è un oggetto: il tipo di un array è sottotipo di `Object`

Interfacce
Il tipo definito da un'interfaccia è sottotipo di `Object`

Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

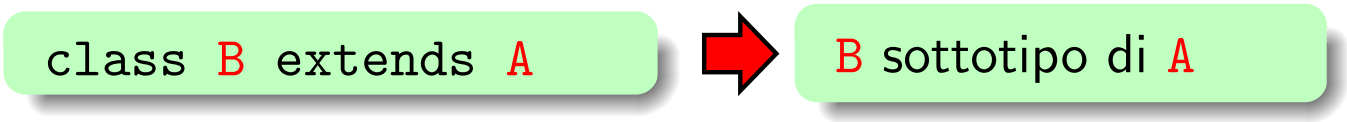
(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)

```
class B extends A
```

Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)



Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)

```
class B extends A
```

B sottotipo di A

(2) Implementazione di interfacce

```
class B implements I
```

Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)

```
class B extends A
```

`B` sottotipo di `A`

(2) Implementazione di interfacce

```
class B implements I
```

`B` sottotipo di `I`

Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)

`class B extends A`  `B` sottotipo di `A`

(2) Implementazione di interfacce

`class B implements I`  `B` sottotipo di `I`

(3) Relazioni indotte sugli array dai tipi base

`B` sottotipo di `A`

Gerarchia dei tipi: relazioni

Le relazioni all'interno della gerarchia sono stabilite da:

(1) Estensione delle classi (superclasse/sottoclasse)

`class B extends A` ⇒ `B` sottotipo di `A`

(2) Implementazione di interfacce

`class B implements I` ⇒ `B` sottotipo di `I`

(3) Relazioni indotte sugli array dai tipi base

`B` sottotipo di `A` ⇒ `B[]` sottotipo di `A[]`

Terminologia

`S extends T`

Il tipo riferimento `S` estende il tipo riferimento `T` se e solo se `S` è un qualunque sottotipo di `T` (compreso `T` stesso).

Terminologia

`S extends T`

Il tipo riferimento `S` estende il tipo riferimento `T` se e solo se `S` è un qualunque sottotipo di `T` (compreso `T` stesso).

`T super S`

`T` è supertipo di `S` se e solo se:

- `S`, `T` classi e `S` è una sottoclasse di `T` (diretta o indiretta).

Terminologia

`S extends T`

Il tipo riferimento `S` estende il tipo riferimento `T` se e solo se `S` è un qualunque sottotipo di `T` (compreso `T` stesso).

`T super S`

`T` è supertipo di `S` se e solo se:

- `S`, `T` classi e `S` è una sottoclasse di `T` (diretta o indiretta).
- `S` classe, `T` interfaccia e `S` implementa (direttamente o indirettamente) `T`

Terminologia

`S extends T`

Il tipo riferimento `S` estende il tipo riferimento `T` se e solo se `S` è un qualunque sottotipo di `T` (compreso `T` stesso).

`T super S`

`T` è supertipo di `S` se e solo se:

- `S`, `T` classi e `S` è una sottoclasse di `T` (diretta o indiretta).
- `S` classe, `T` interfaccia e `S` implementa (direttamente o indirettamente) `T`
- `S`, `T` interfacce e `S` estende l'interfaccia (direttamente o indirettamente) l'interfaccia `T`

Tipi generici e gerarchia

- Come tutti i tipi riferimento, anche i tipi generici e i relativi tipi parametrizzati si collocano all'interno della gerarchia dei tipi

Tipi generici e gerarchia

- Come tutti i tipi riferimento, anche i tipi generici e i relativi tipi parametrizzati si collocano all'interno della gerarchia dei tipi
- Le relazioni fra i tipi parametro non inducono relazioni sui relativi tipi parametrizzati

Tipi generici e gerarchia

- Come tutti i tipi riferimento, anche i tipi generici e i relativi tipi parametrizzati si collocano all'interno della gerarchia dei tipi
- Le relazioni fra i tipi parametro non inducono relazioni sui relativi tipi parametrizzati

`B` sottotipo di `A` non implica `Gen<B>` sottotipo di `Gen<A>`

Esempio

```
Sequenza<Rettangolo> sr;
Sequenza<Quadrato> sq;
...
sq = sr;  //non e' lecito
sr = sq;  //non e' lecito
```

Tipi generici e gerarchia

- `Sequenza<Object>`
  non è supertipo di `Sequenza<Quadrato>`, `Sequenza<Rettangolo>`

Tipi generici e gerarchia

- `Sequenza<Object>`
  non è supertipo di `Sequenza<Quadrato>`, `Sequenza<Rettangolo>`

Come facciamo a disporre di un tipo che possa essere utilizzato per riferirsi a sequenze di qualsiasi tipo?

Tipi generici e gerarchia

- `Sequenza<Object>`
  non è supertipo di `Sequenza<Quadrato>`, `Sequenza<Rettangolo>`

Come facciamo a disporre di un tipo che possa essere utilizzato per riferirsi a sequenze di qualsiasi tipo?

- Per ogni tipo generico, esiste un supertipo comune a tutti i suoi tipi parametrizzati, indicato utilizzando il simbolo speciale `?`

Tipi generici e gerarchia

- `Sequenza<Object>`
  non è supertipo di `Sequenza<Quadrato>`, `Sequenza<Rettangolo>`

Come facciamo a disporre di un tipo che possa essere utilizzato per riferirsi a sequenze di qualsiasi tipo?

- Per ogni tipo generico, esiste un supertipo comune a tutti i suoi tipi parametrizzati, indicato utilizzando il simbolo speciale `?`

- `Sequenza<?>`
  è supertipo di `Sequenza<Quadrato>`, `Sequenza<Rettangolo>`, `Sequenza<String>`...

Segnaposto (wildcard)

- ? funge da segnaposto per un tipo che non è noto al momento della compilazione

Segnaposto (wildcard)

- `?` funge da segnaposto per un tipo che non è noto al momento della compilazione
- Ogni sequenza è un caso particolare di `Sequenza<?>`, dove il segnaposto viene sostituito con un tipo effettivo

Segnaposto (wildcard)

- `?` funge da segnaposto per un tipo che non è noto al momento della compilazione
- Ogni sequenza è un caso particolare di `Sequenza<?>`, dove il segnaposto viene sostituito con un tipo effettivo
- `Sequenza<?>` è supertipo di tutti i tipi parametrizzati ottenibili da sequenza

```
Sequenza<?> s;
...
s = new Sequenza<Quadrati>();
...
s = new Sequenza<Rettangoli>();
...
s = new Sequenza<String>();
```

Osservazione

`Sequenza<E>` fornisce il metodo `public boolean add(E o)`

Osservazione

`Sequenza<E>` fornisce il metodo `public boolean add(E o)`

```
Sequenza<?> s = sq;
...
s.add(x)  //non e' permessa qualunque sia il tipo di x
```

Osservazione

`Sequenza<E>` fornisce il metodo `public boolean add(E o)`

```
Sequenza<?> s = sq;
...
s.add(x)  //non e' permessa qualunque sia il tipo di x
```

- Il compilatore non può garantire che il tipo di `x` sia compatibile con il tipo argomento della sequenza.

Osservazione

`Sequenza<E>` fornisce il metodo `public boolean add(E o)`

```
Sequenza<?> s = sq;
...
s.add(x)  //non e' permessa qualunque sia il tipo di x
```

- Il compilatore non può garantire che il tipo di `x` sia compatibile con il tipo argomento della sequenza.
- Infatti il metodo è invocato tramite il riferimento `s`, il cui tipo argomento per il compilatore è sconosciuto

Osservazione

`Sequenza<E>` fornisce il metodo `public boolean add(E o)`

```
Sequenza<?> s = sq;
...
s.add(x)  //non e' permessa qualunque sia il tipo di x
```

- Il compilatore non può garantire che il tipo di `x` sia compatibile con il tipo argomento della sequenza.
- Infatti il metodo è invocato tramite il riferimento `s`, il cui tipo argomento per il compilatore è sconosciuto
- È invece permessa

```
Sequenza<?> s;
...
s.add(null)
```

in quanto il letterale `null` è assegnabile a qualunque tipo riferimento.

Vincoli sui segnaposto

È possibile limitare l'insieme dei tipi sostituibili al segnaposto a una parte della gerarchia

- `? extends T`
  Il tipo sconosciuto può essere un qualunque sottotipo del tipo `T` indicato (compreso `T` stesso).

Vincoli sui segnaposto

È possibile limitare l'insieme dei tipi sostituibili al segnaposto a una parte della gerarchia

- `? extends T`
  Il tipo sconosciuto può essere un qualunque sottotipo del tipo `T` indicato (compreso `T` stesso).

- `? super T`
  Il tipo sconosciuto può essere un qualunque supertipo del tipo `T` indicato (compreso `T` stesso).

Esempio

```
//definizione variabile utilizzata, dopo la lettura, per
//riferirsi alla sequenza
Sequenza<? extends Figura> seq = null;

//lettura della sequenza
switch (scelta) {
case 'c':
  Sequenza<Cerchio> sc = new Sequenza<Cerchio>();
  ...legge una sequenza di cerchi e li memorizzza in sc...

case 'q':
  Sequenza<Quadrato> sq = new Sequenza<Quadrato>();
  ...legge una sequenza di quadrati e li memorizzza in sc...
}

//stampa delle aree
for (Figura f : seq)
  out.println(f.getArea());
```

Tipi generici e vincoli sugli argomenti

```
class Sequenza<E>
```

- `E` indica la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo

Tipi generici e vincoli sugli argomenti

```
class Sequenza<E>
```

- `E` indica la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo

```
class SequenzaOrdinata<E>
```

- `E` indicherebbe la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo

Tipi generici e vincoli sugli argomenti

```
class Sequenza<E>
```

- `E` indica la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo

```
class SequenzaOrdinata<E>
```

- `E` indicherebbe la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo
- Non va bene!!

> `E` deve essere un tipo che implementa l'interfaccia `Comparable<E>`

Tipi generici e vincoli sugli argomenti

```
class Sequenza<E>
```

- `E` indica la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo

```
class SequenzaOrdinata<E>
```

- `E` indicherebbe la possibilità di fornire come argomento un qualunque tipo
- Non va bene!!

  `E` deve essere un tipo che implementa l'interfaccia `Comparable<E>`

  Questo viene specificato mediante un vincolo sul tipo argomento `E`

Vincolo sull'argomento di SequenzaOrdinata

```
class SequenzaOrdinata<E extends Comparable<E>>
```

E può essere un qualunque tipo riferimento sottotipo di Comparable<E>

Vincolo sull'argomento di SequenzaOrdinata

```
class SequenzaOrdinata<E extends Comparable<E>>
```

E può essere un qualunque tipo riferimento sottotipo di `Comparable<E>`

- Il compilatore ha tutte le informazioni che servono per verificare che il tipo utilizzato come parametro abbia le caratteristiche richieste.

Esempio

`SequenzaOrdinata<String>`

Va bene:

`String` implementa `Comparable<String>`  `String` è sottotipo di `Comparable<String>`

Vincolo sull'argomento di SequenzaOrdinata

In realtà l'intestazione della classe SequenzaOrdinata è più complicata.

```
public class SequenzaOrdinata<E extends Comparable<? super E>>
```

Tipo argomento: un qualunque sottotipo di Comparable<? super E>