Input/Output in Java

Comunicare con il mondo

- Praticamente ogni programma ha la necessità di comunicare con il mondo esterno
  - Con l'utente attraverso tastiera e video
  - Con il file system per leggere e salvare dati
  - Con altre applicazioni sullo stesso computer
  - Con altre applicazioni su altri computer collegati in rete
  - Con dispositivi esterni attraverso porte seriali o USB
- Java gestisce tutti questi tipi di comunicazione in **modo uniforme** usando un unico strumento: lo **stream**

Input e Output

- Uno **stream** (in italiano **flusso**) è un canale di comunicazione attraverso cui passano dati **in una sola direzione**
- E' un "tubo" attraverso cui passano informazioni.
- **Gli stream sono un'insieme di classi contenute nel package java.io**
- Dal momento che gli stream sono monodirezionali avremo bisogno di:
  - Flussi di ingresso: **input stream**
  - Flussi di uscita: **output stream**

Sorgenti e destinazioni

- I dispositivi esterni possono essere
  - **Sorgenti** – per esempio la tastiera – a cui possiamo collegare solo stream di input
  - **Destinazioni** – per esempio il video – a cui possiamo collegare solo stream di output
  - **Sia sorgenti che destinazioni** – come i file o le connessioni di rete – a cui possiamo collegare –sia input stream (per leggere) che output stream (per scrivere).

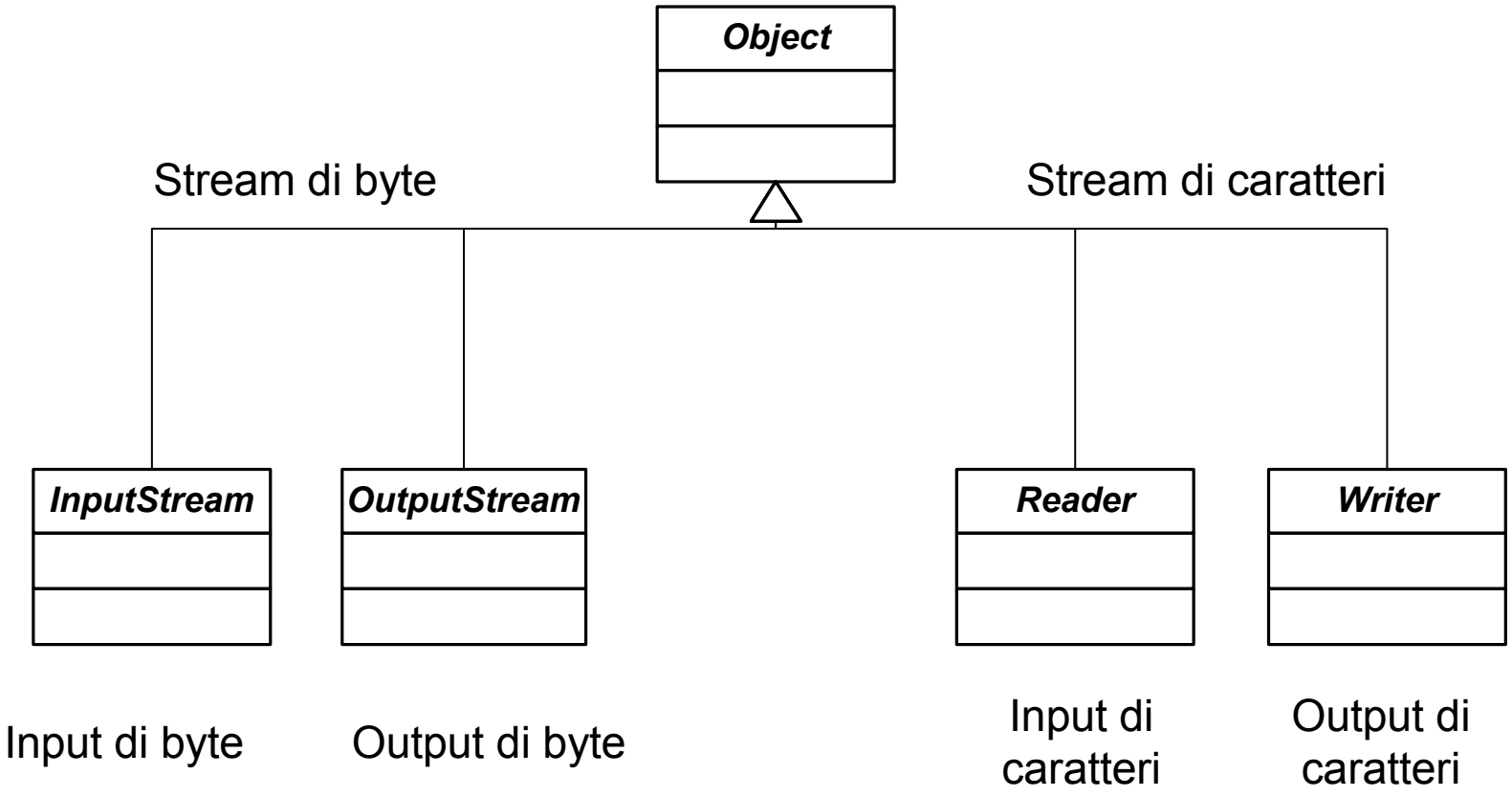
- **Attenzione:** anche se un dispositivo è bidirezionale uno stream è sempre monodirezionale e quindi per comunicare contemporaneamente sia in scrittura che in lettura dobbiamo collegare **due stream allo stesso dispositivo**.

Byte e caratteri

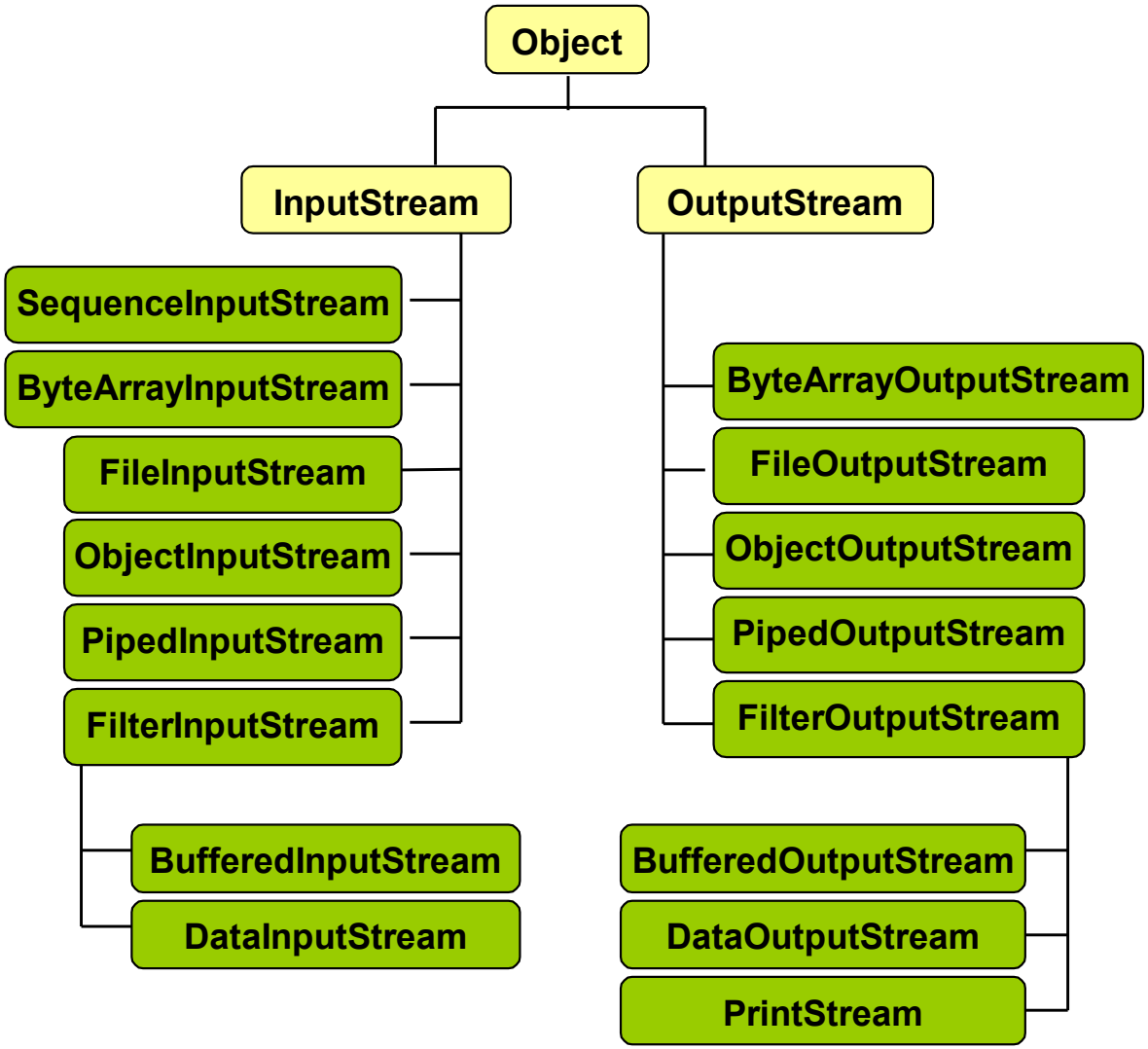
- Esistono due misure di “tubi”:
  - stream di byte
  - stream di caratteri
- Java adotta infatti la codifica UNICODE che utilizza due byte (16 bit) per rappresentare un carattere
- Per operare quindi correttamente con i dispositivi o i file che trattano testo dovremo utilizzare **stream di caratteri**
- Per i dispositivi che trattano invece flussi di informazioni binarie utilizzeremo **stream di byte**

L'albero genealogico

- La gerarchia delle classi stream (contenute nel package **java.io**) rispecchia la classificazione appena esposta
- Abbiamo una prima suddivisione fra **stream di caratteri** e **stream di byte** e poi all'interno di ogni ramo tra **stream di input** e **stream di output** (sono tutte classi astratte)



La gerarchia degli stream di byte



InputStream

- E' il capostipite degli stream di input per i byte
- E' una classe astratta e definisce pochi metodi
- La sua definizione (semplificata) è:

```
package java.io
public abstract class InputStream
{
  public abstract int read()
    throws IOException;
  public int available()
    throws IOException
  { return 0; }
  public void close()
    throws IOException {}
}
```

Lettura di un byte

Numero di byte disponibili

Chiusura del canale

- read() è astratto e deve essere implementato in modo specifico dalla classi concrete
- **N.B. Tutti i metodi possono generare eccezioni**

OutputStream

- E' il capostipite degli stream di output per i byte
- E' una classe astratta e definisce pochi metodi
- La sua definizione (semplificata) è:

```
package java.io;
public abstract class OutputStream
{
  public abstract void write(int b)
    throws IOException;
  public void flush()
   throws IOException {}
  public void close()
   throws IOException {}
}
```

Scrittura di un byte

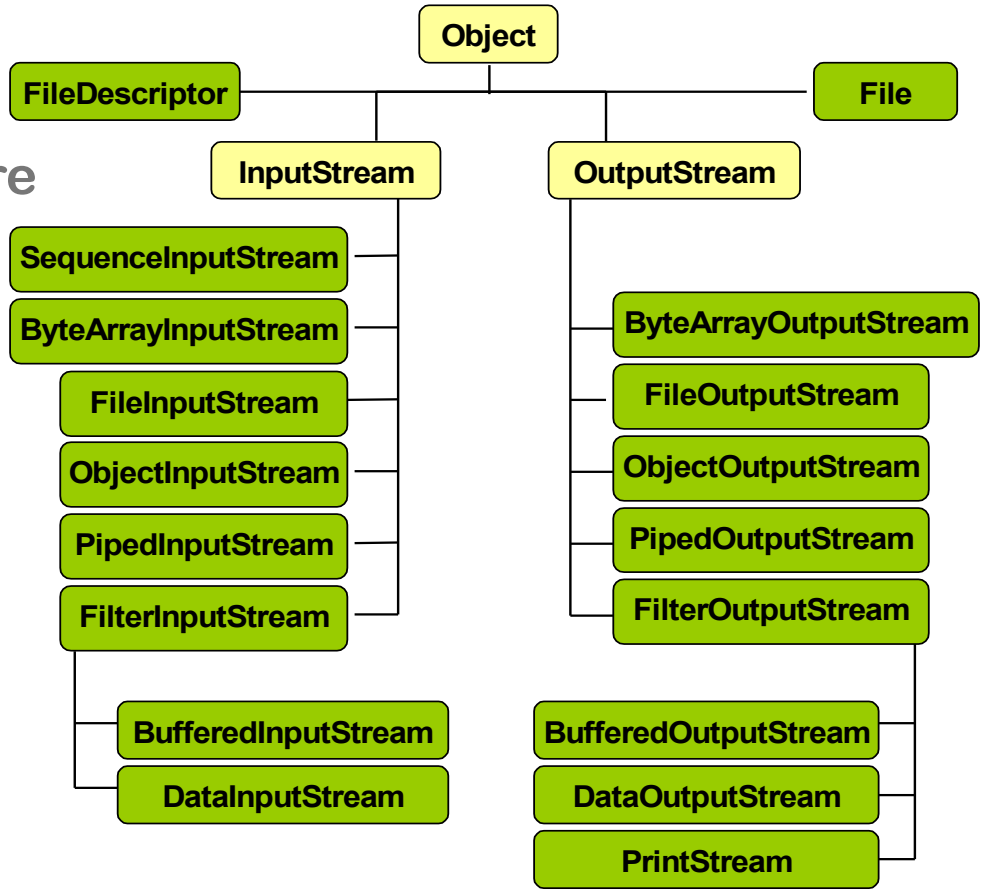
Forza l'emissione dei byte trasmessi

Chiusura del canale

- write() è astratto e deve essere implementato in modo specifico dalla classi concrete
- **N.B. Tutti i metodi possono generare eccezioni**

Stream di byte

- Dalle classi base astratte si derivano varie classi concrete, specializzate per fungere da:
  - sorgenti per input da file
  - dispositivi di output su file
  - stream di incapsulamento, cioè pensati per aggiungere a un altro stream nuove funzionalità.



Esempio:

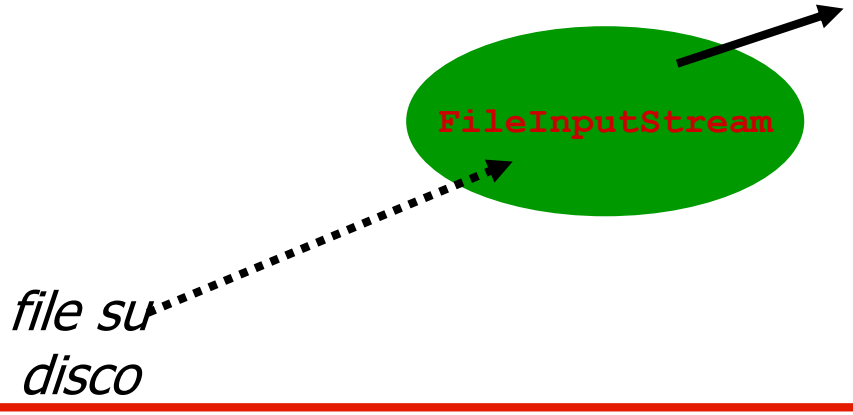
I/O bufferizzato, filtrato,…

I/O di numeri, di oggetti,…

Stream di byte – input da file

- `FileInputStream` è la classe derivata che rappresenta il concetto di sorgente di byte agganciata a un file

- Il nome del file da aprire è passato come parametro al costruttore di `FileInputStream`
- In alternativa si può passare al costruttore un oggetto **File** (o un FileDescriptor) costruito in precedenza



Stream di byte – input da file

- Per aprire un file binario in lettura si crea un oggetto di classe `FileInputStream`, specificando il nome del file all'atto della creazione.
- Per leggere dal file si usa poi il metodo `read()` che permette di leggere uno o più byte
  - restituisce il byte letto come intero fra 0 e 255
  - se lo stream è finito, restituisce -1
  - se non ci sono byte, ma lo stream non è finito, rimane in attesa dell'arrivo di un byte.

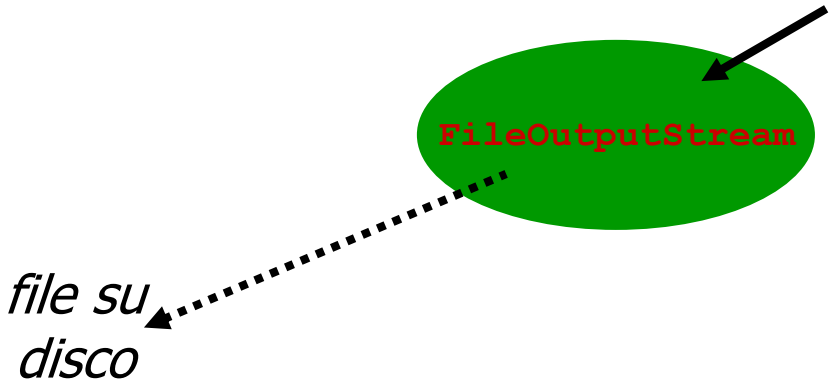
Poiché è possibile che le operazioni su stream falliscano per varie cause, tutte le operazioni possono sollevare eccezioni.

Necessità di utilizzare blocchi `try / catch`

Stream di byte – output su file

- `FileOutputStream` è la classe derivata che rappresenta il concetto di dispositivo di uscita agganciato a un file

- Il nome del file da aprire è passato come parametro al costruttore di `FileOutputStream`
- In alternativa si può passare al costruttore un oggetto File (o un FileDescriptor) costruito in precedenza



stream di byte – output su file

- Per aprire un file binario in scrittura si crea un oggetto di classe `FileOutputStream`, specificando il nome del file all'atto della creazione
- Un secondo parametro opzionale, di tipo `boolean`, permette di chiedere l'apertura in modo append
- Per scrivere sul file si usa il metodo `write()` che permette di scrivere uno o più byte
  - scrive l'intero [0, 255] passatogli come parametro
  - non restituisce nulla

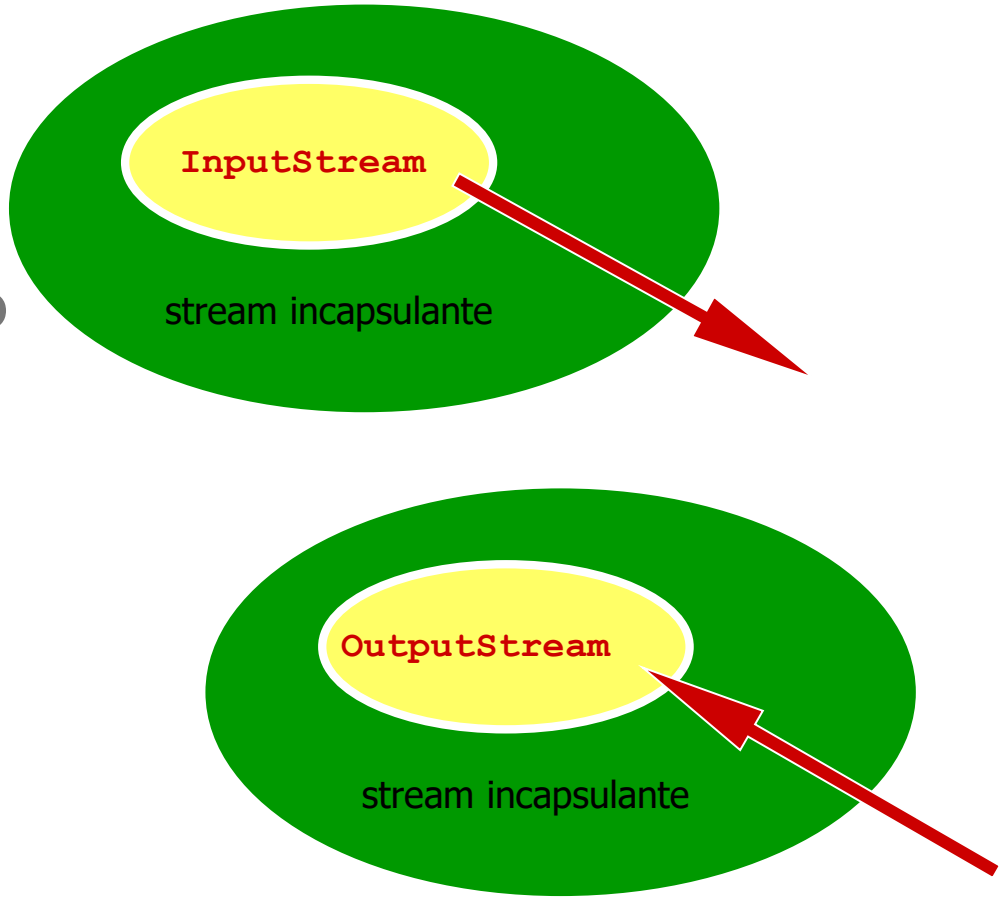
Poiché è possibile che le operazioni su stream falliscano per varie cause, tutte le operazioni possono sollevare eccezioni.

Necessità di utilizzare blocchi `try / catch`

Stream di incapsulamento

- Gli STREAM di incapsulamento hanno come scopo quello di "avvolgere" un altro STREAM per **creare un'entità con funzionalità più evolute.**

Il loro costruttore ha quindi come parametro un `InputStream` o un `OutputStream` già esistente.



Stream di incapsulamento - INPUT

- **`BufferedInputStream`**

  aggiunge un buffer e ridefinisce `read()` in modo da avere una lettura bufferizzata

- **`DataInputStream`**

  definisce metodi per leggere i tipi di dati standard in forma binaria: `readInt()`, `readFloat()`, ...

- **`ObjectInputStream`**

  definisce un metodo per leggere oggetti **serializzati** (salvati) da uno stream, offre anche metodi per leggere i tipi primitivi di Java

Stream di incapsulamento - OUTPUT

- **`BufferedOutputStream`**

  aggiunge un buffer e ridefinisce `write()` in modo da avere una scrittura bufferizzata

- **`DataOutputStream`**

  definisce metodi per scrivere i tipi di dati standard in forma binaria: `writeInt()`, `writeFloat()` ...

- **`PrintStream`**

  definisce metodi per stampare come stringa valori primitivi (es. `print(int)`) e classi standard (es. `print(Object)`)

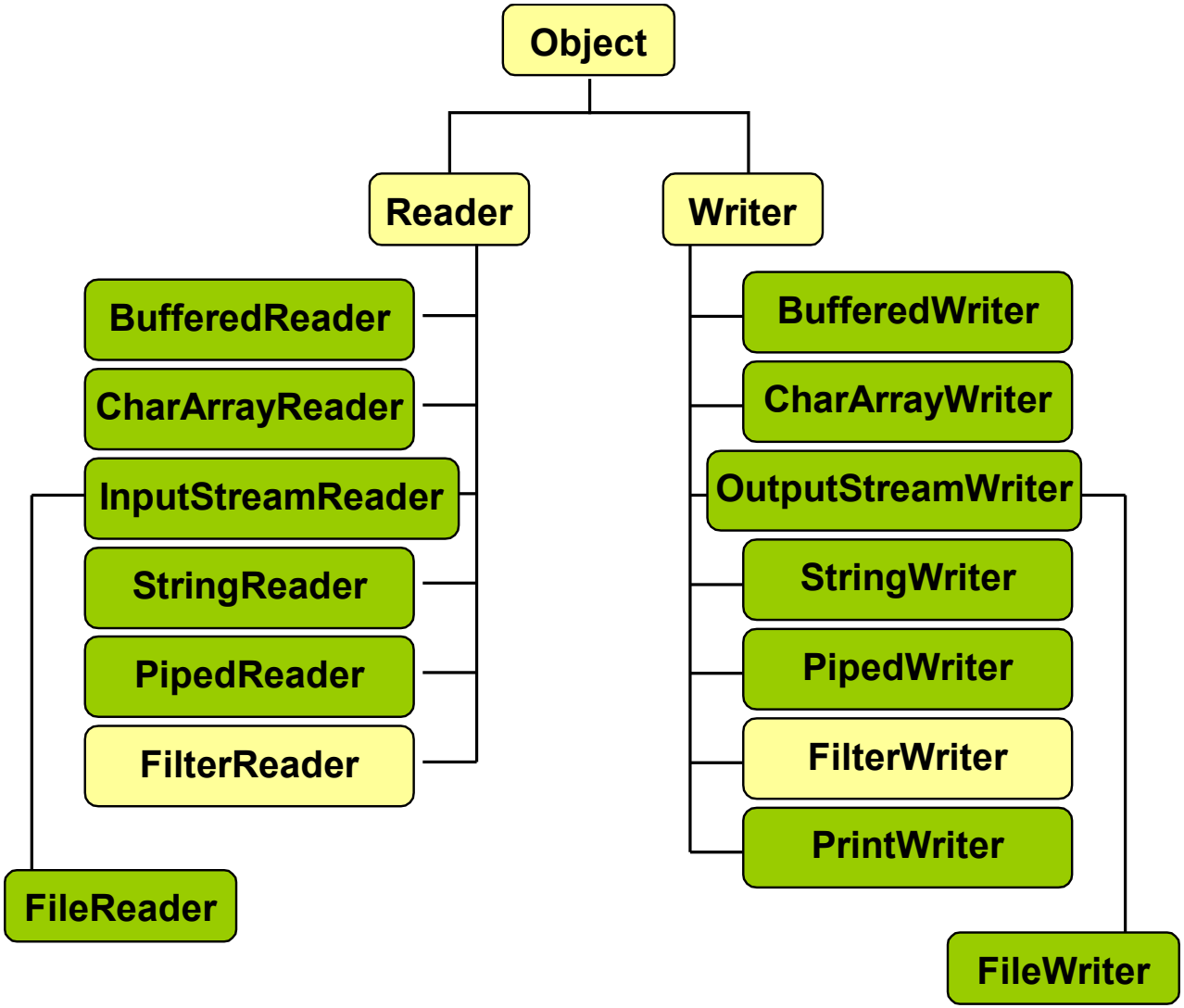
- **`ObjectOutputStream`**

  definisce un metodo per scrivere oggetti “serializzati”; offre anche metodi per scrivere i tipi primitivi di Java

Gli stream di caratteri

- Le classi per l'I/O da stream di caratteri (Reader e Writer) sono più efficienti di quelle a byte
- Hanno nomi analoghi e struttura analoga
- Convertono correttamente la codifica UNICODE di Java in quella locale:
  - specifica del **sistema operativo**: Windows, Mac OS-X, Linux… (tipicamente ASCII)
  - e della **lingua** in uso
    (essenziale per l'internazionalizzazione)
- Per esempio gestiscono correttamente le lettere accentate e gli altri segni diacritici delle lingue europee

La gerarchia degli stream di caratteri



Reader

- E' il capostipite degli stream di input per i caratteri
- E' una classe astratta e definisce pochi metodi
- Una sua definizione (semplificata) è:

```
package java.io
public abstract class InputStream
{
  public abstract int read()
    throws IOException;
  public boolean ready()
    throws IOException
  { return 0; }
  public void close()
    throws IOException  { }
}
```

Lettura di un carattere

Dice se c'è qualcosa da leggere

Chiusura del canale

- read() restituisce un intero e quindi bisogna ricorrere ad un cast esplicito

Writer

- E' il capostipite degli stream di output per i caratteri
- E' una classe astratta e definisce pochi metodi
- Una sua definizione (semplificata) è:

```
package java.io;
public abstract class Writer
{
  public abstract void write(int c)
    throws IOException;
  public abstract void write(String str)
    throws IOException;
  public void flush()
   throws IOException {}
  public void close()
   throws IOException {}
}
```

Scrittura di un carattere

Scrittura di una stringa

Forza l'emissione dei byte trasmessi

Chiusura del canale

- Esistono più versioni di write() (overloading)

I/O Standard

- Esistono due stream standard definiti nella classe System: **System.in** e **System.out**
- Sono attributi statici e quindi sono sempre disponibili
- Gestiscono l'input da tastiera e l'output su video

Attenzione: purtroppo per ragioni storiche (in Java 1.0 non c'erano gli stream di caratteri), sono stream di byte e non di caratteri

- In particolare:
  - **System.in** è di tipo **InputStream** (punta effettivamente ad un'istanza di una sottoclasse concreta) e quindi fornisce solo i servizi base
  - **System.out** è di tipo **PrintStream** e mette a disposizione i metodi print() e println() che consentono di scrivere a video qualunque tipo di dato

Gestione della tastiera: problemi

- **System.in** è molto rudimentale e non consente di trattare in modo semplice è corretto l'input da tastiera
- Infatti:
  - Essendo uno stream di byte non gestisce correttamente le lettere accentate
  - Non possiede metodi per leggere comodamente un'intera stringa
- Fortunatamente il meccanismo degli "incastri" di Java ci permette di risolvere in maniera efficace questi problemi.
- Per farlo useremo due classi che discendono da Reader: **InputStreamReader** e **BufferedReader**
- Sono entrambe **stream di manipolazione**

Gestione tastiera: da byte a caratteri

- Innanzitutto risolviamo i problemi legati al fatto che System.in è uno stream di byte
- **InputStreamReader** è una sorta di adattatore: converte uno stream di byte in uno stream di caratteri:
- Il suo costruttore è definito in questo modo:

```
public InputStreamReader(InputStream in)
```

- Grazie al subtyping può quindi "agganciarsi" ad un qualunque discendente di InputStream, quindi a tutti gli stream di input a byte,
- Per eseguire l'adattamento scriveremo:

```
InputStreamReader isr =
 new InputStreamReader(System.in);
```

- In questo modo possiamo utilizzare `isr` per leggere singoli caratteri da tastiera con un gestione corretta dei caratteri speciali (lettere accentate, ecc.)

Gestione tastiera: leggere le stringhe

- Vediamo ora come fare per leggere le stringhe
- BufferedReader è un discendente di Reader che aggiunge un metodo che ci consente di leggere una stringa dalla tastiera:
- `public String readLine()`
- E' quindi uno **stream di manipolazione** a caratteri
- Il costruttore è definito in questo modo:
- `public BufferedReader(Reader in)`
- Possiamo quindi agganciarlo a qualunque stream di caratteri.
- Per completare la nostra "conduttura" scriveremo quindi:

```
BufferedReader kbd =
 new BufferedReader(isr);
```

Gestione tastiera: soluzione completa

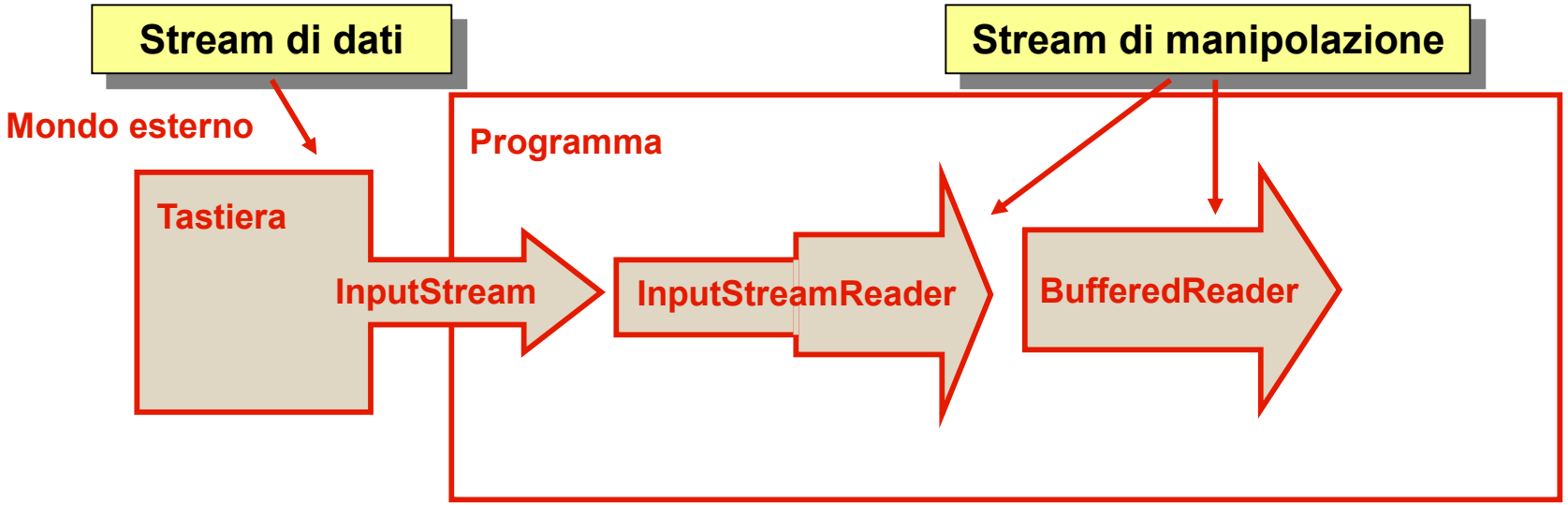
- Per gestire correttamente la tastiera useremo quindi una sequenza di istruzioni di questo tipo:

```
InputStreamReader isr = new InputStreamReader(System.in);
BufferedReader kbd = new BufferedReader(isr);
```

- Oppure in forma sintetica:

```
BufferedReader kbd =
  new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
```

- Abbiamo quindi realizzato la nostra "conduttura":



Gestione del video

- **System.out** è già sufficiente per gestire un output di tipo semplice: print() e println() forniscono i servizi necessari
- E' uno stream di byte ma non crea particolari problemi.
- Tuttavia volendo possiamo utilizzare una tecnica simile a quella utilizzata per la tastiera
- E' sufficiente usare un solo stream di manipolazione - **PrintWriter** - che svolge anche la funzione di adattamento.
- Definisce infatti un costruttore di questo tipo:

```
public PrintWriter(OutputStream out)
```

- E mette a disposizione i metodi print() e println() per i vari tipi di dati da stampare

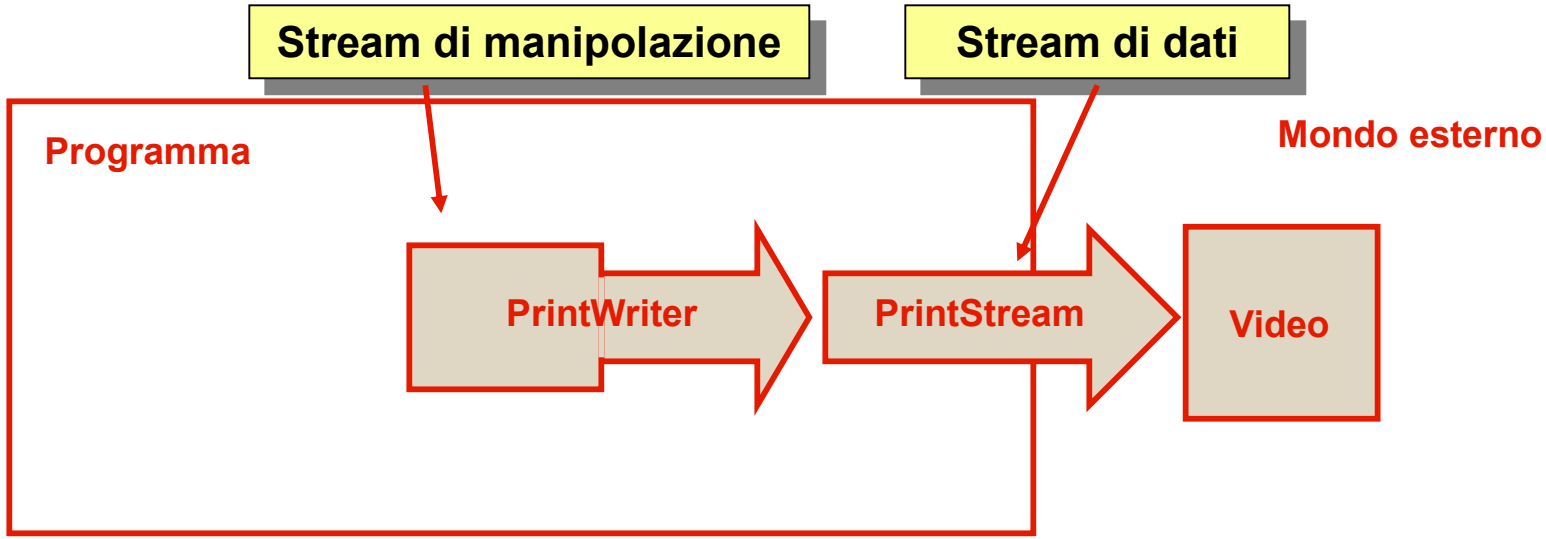
Gestione del video: soluzione completa

- Potremo quindi scrivere:

```
PrintWriter video = new PrintWriter(System.out);
```

- E utilizzarlo nello stesso modo con cui useremmo System.out

```
video.println(12);
video.println("Ciao");
video.println(13,56);
```



File di testo

- Possiamo leggere e scrivere file di testo utilizzando stream di caratteri
- In particolare:
  - La classe **FileReader** (derivata da Reader) ci permette di leggere un file di testo
  - La classe **FileWriter** (derivata da Writer) ci permette di scrivere in un file di testo
- Sono entrambi stream di dati: il loro scopo è quindi quello di creare un collegamento con un dispositivo esterno.

Stream di caratteri

- Il file di testo si apre costruendo un oggetto `FileReader` o `FileWriter`, rispettivamente
- `read()` e `write()` leggono/scrivono un `int` che rappresenta un carattere UNICODE

Un carattere UNICODE è lungo due byte.

- `read()` restituisce un valore tra 0 e 65535
- oppure -1 in caso di fine stream

Occorre dunque un cast esplicito per convertire il carattere UNICODE in `int` e viceversa.

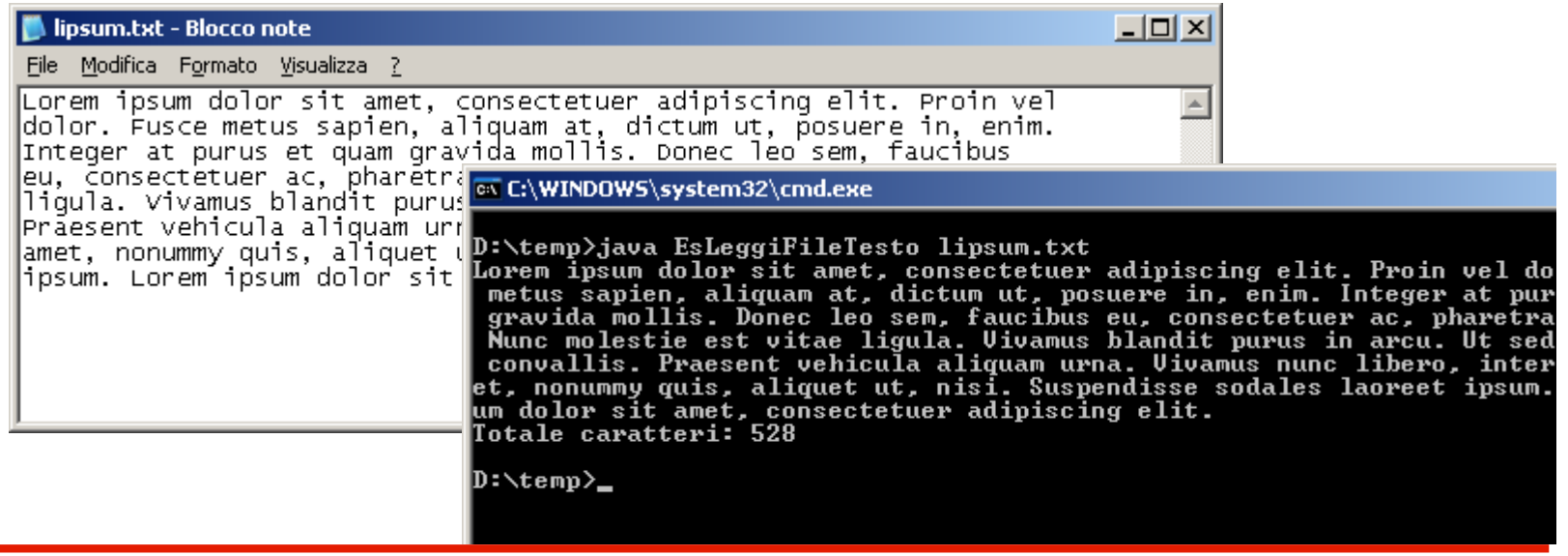
Esempio - input da file

```
import java.io.*;
public class EsLeggiFileTesto {
    public static void leggiFileTesto(String filename)
                    throws IOException {
        FileReader fr = new FileReader(filename);
        int n = 0;
        int x = fr.read();
        while (x >= 0) {
            char ch = (char) x;
            System.out.print(ch);
            n++;
            x = fr.read();
        }
        System.out.println("\nTotale caratteri: " + n);
        fr.close();
    }
. . .
```

Cast esplicito da **`int`** a **`char`**
- Ma solo se è stato *davvero* letto un carattere (cioè se non è stato letto -1)

Esempio - input da file

```
  public static void main(String[] args) {
     try {
        leggiFileTesto("testo.txt");
     }
     catch(IOException ex) {
       System.out.println("Errore di I/O");
     }
  }
}
```



Stream di incapsulamento

- Le operazioni di I/O con caratteri in genere coinvolgono tanti caratteri alla volta.

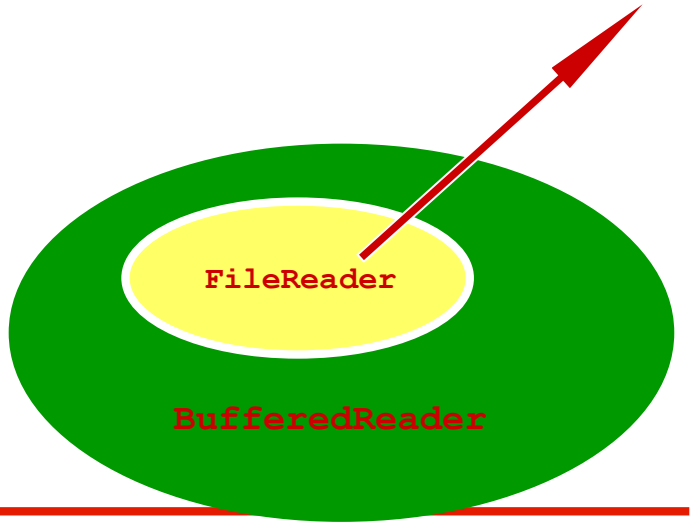
- In genere l'unità di base per lavorare con i caratteri è la LINEA: una stringa di caratteri con un terminatore di linea alla fine (in Windows "`\r\n`" carriage-return/line-feed, in Linux/UNIX "`\n`").

- Anche nel caso degli stream di caratteri, possiamo utilizzare gli stream di incapsulamento, che estendono le funzionalità dei `Reader` e `Writer` fornendo metodi idonei al trattamento delle linee di testo.

Stream di incapsulamento - INPUT

- **`BufferedReader`** lettura bufferizzata
- Fornisce i metodi:
  - `readLine()`
    - restituisce una stringa contenente il testo presente nella linea escluso il terminatore di linea
    - `null` se si raggiunge la fine dello stream
  - `read()` (singolo carattere e array di caratteri)

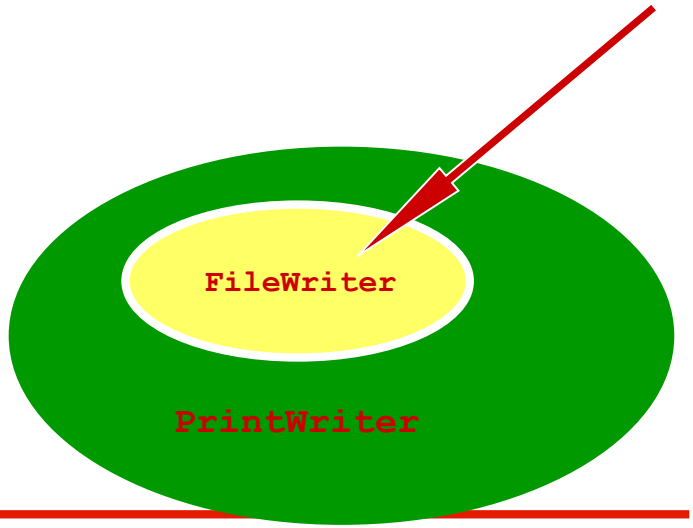
- Si incapsula `FileReader` dentro un `BufferedReader`



Stream di incapsulamento - OUTPUT

- **`PrintWriter`** scrittura "formattata"
- Fornisce i metodi per scrivere i tipi primitivi e non, su uno stream di testo.
- Ad esempio: `print(boolean b)`, `print(double d)`, `print(String s)`…
- O la loro versione con il terminatore di linea: `println(boolean b)`, `println(double d)`, `println(String s)`…

- Si incapsula `FileWriter` dentro un `PrintWriter`



Esempio – INPUT/OUTPUT

```
import java.io.*;
public class CopyLines {

    public static void copyLines(String filename)
                        throws IOException {

        FileReader fr = new FileReader(filename);
        BufferedReader input = new BufferedReader(fr);
        FileWriter fw = new FileWriter("Copia_di_" + filename);
        PrintWriter output = new PrintWriter(fw);

        String linea = input.readLine();
        while (linea != null) {
            output.println(linea);
            linea = input.readLine();
        }
        input.close();
        output.close();
    }
```

. . .

Esempio – INPUT/OUTPUT

```
...
public static void main(String[] args) {

        try {
           copyLines("testo.txt");
        }
        catch(IOException ex) {
            System.out.println("Errore di I/O.");
        }
    }
}
```

Classe `File`

- La classe **`File`** fornisce l'accesso a file e directory in modo indipendente dal sistema operativo.
- Mette a disposizione una serie di metodi per ottenere informazioni su un certo file o directory, e per visualizzare e modificarne gli attributi.

- A proposito di indipendenza…

Ogni sistema operativo utilizza convenzioni diverse per separare le varie directory in un *path.* Esempio: in Linux " / ", in Windows " \ ";

- Costruttore:

```
public File(String path)
```

Classe `File` – metodi utili

- `public String getName()` restituisce il nome dell'oggetto
- `public String getAbsolutePath()` restituisce il percorso assoluto dell'oggetto
- `public boolean exist()` restituisce vero se l'oggetto File esiste
- `public boolean isDirectory()` restituisce vero se l'oggetto File è una directory
- `public long length()` restituisce la lunghezza in byte dell'oggetto
- `public boolean renameTo(File dest)` rinomina l'oggetto
- `public boolean delete()` cancella l'oggetto File
- `public boolean mkdir()` crea una directory che corrisponde all'oggetto File
- `public String[] list()` restituisce un vettore contenente il nome di tutti file della directory associata all'oggetto File

serializzazione di oggetti

- Serializzare un oggetto significa salvare un oggetto scrivendo una sua rappresentazione binaria su uno stream di byte

- Analogamente, deserializzare un oggetto significa ricostruire un oggetto a partire dalla sua rappresentazione binaria letta da uno stream di byte

- Le classi `ObjectOutputStream` e `ObjectInputStream` offrono questa funzionalità per qualunque tipo di oggetto.

serializzazione di oggetti

- Le due classi principali sono:
- `ObjectInputStream`
  - **legge oggetti** serializzati salvati su stream, tramite il metodo `readObject()`
  - offre anche metodi per leggere i tipi primitivi di Java

- `ObjectOutputStream`
  - **scrive un oggetto** serializzato su stream, tramite il metodo `writeObject()`
  - offre anche metodi per scrivere i tipi primitivi di Java

serializzazione di oggetti

- Una classe che voglia essere "serializzabile" deve implementare l'interfaccia `Serializable`

- È una interfaccia vuota, che serve come marcatore

  (il compilatore rifiuta di compilare una classe che usa la serializzazione senza implementare tale interfaccia)

- Vengono scritti / letti tutti i dati non static e non transient dell'oggetto, inclusi quelli ereditati (anche se privati o protetti)
  - Le variabili transient sono variabili d'istanza che non si vuole serializzare.

serializzazione di oggetti

- Se un oggetto contiene riferimenti ad altri oggetti, viene invocata ricorsivamente `writeObject()` su ognuno di essi
  - si serializza quindi, in generale, un intero grafo di oggetti
  - l'opposto accade quando si deserializza

- Se uno stesso oggetto è referenziato più volte nel grafo, viene serializzato una sola volta, affinché `writeObject()` non cada in una ricorsione infinita.

Esempio - serializzazione

ESEMPIO di classe serializzabile

```
public class PuntoCartesiano
   implements java.io.Serializable {
  private int x;
  private int y;

  public PuntoCartesiano(int x, int y) {
      this.x = x;
      this.y = y;
   }
  public PuntoCartesiano() { x = y = 0; }

  public float getAscissa()  { return x; }
  public float getOrdinata() { return y; }
}
```

Esempio - serializzazione

SCRITTURA SU FILE...

```
import java.io.*;

public class ScriviPunto {

   public static void scriviPunto(String filename)
                                throws IOException {

     PuntoCartesiano point = new PuntoCartesiano(3, 10);
     FileOutputStream fos =
               new FileOutputStream(filename);
     ObjectOutputStream oos =
               new ObjectOutputStream(fos);
     oos.writeObject(point);
     oos.flush();
     oos.close();
   }
.....
```

Esempio - serializzazione

```
…
public static void main(String[] args) {
        try {
            scriviPunto("punti.bin");
        }
        catch(IOException ex) {
            System.out.println("Errore di I/O.");
             System.exit(1);
        }
    }
}
```

Esempio - serializzazione

LETTURA DA FILE...

```
import java.io.*;
public class LeggiPunto {
  public static void leggiPunto(String filename)
              throws IOException, ClassNotFoundException {

    FileInputStream fis = new FileInputStream(filename);
    ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(fis);

    PuntoCartesiano point = (PuntoCartesiano)ois.readObject();
    ois.close();

    System.out.println("Punto (" +
       point.getAscissa() +
       ", " + point.getOrdinata() + ")");
    }
```

Il cast è necessario, perché `readObject()` restituisce un `Object`

.....

Esempio - serializzazione

```
   ……
   public static void main(String[] args) {
      try {
         leggiPunto("punti.bin");
      }
      catch(IOException ex) {
         System.out.println("Errore I/O: " + ex.getMessage());
         System.exit(1);
      }
       catch(ClassNotFoundException ex) {
         System.out.println("Errore: " + ex.getMessage());
         System.exit(2);
      }

   }
}
```