

Appunti di Programmazione Concorrente e Distribuita in Java

Riccardo A.

28 gennaio 2018

Premesse

Questi appunti sono stati scritti per uso personale, quindi non puntano alla formalità, né alla completezza e non sono in nessun modo da considerare una sostituzione allo studio personale del libro e delle lezioni. La teoria e gli esempi proposti si basano sul libro "Oggetti, Concorrenza, Distribuzione" con alcune integrazioni personali dalle slide del corso e dalla documentazione Java.

Riferimenti e fonti

- Libro "Oggetti, Concorrenza, Distribuzione" di S.Crafa
<http://www.libreriaprogetto.it/web/libro/9788874888030.php>
- Slides PCD A.A. 2017/2018 - Parte 1
<http://www.math.unipd.it/~abujari/pcd.html>
- Slides PCD A.A. 2017/2018 - Parte 2
<https://bitbucket.org/pcd1718/slidelezionimodulo2/src>
- Java tutorials
<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/index.html>
- Documentazione Java 7
<https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/>
- Documentazione Java 8
<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/>

Indice

1	Struttura dei programmi Java	4
1.1	Java e il Main	4
1.2	Pacchetti - Package	4
1.3	Operatori logici	5
1.4	Costrutto <i>enhanced for</i> - il for migliorato	5
2	Classi e oggetti	6
2.1	I tipi primitivi	6
2.2	Oggetti e riferimenti	6
2.3	Assegnazione e riferimenti	7
2.4	Stringhe ed Array	7
2.4.1	Stringhe	7
2.4.2	Array	7
2.5	Passaggio dei parametri	8
2.6	Overloading di metodi	8
2.7	Riferimento this	9
2.8	Controllo degli accessi a campi e metodi	9
2.9	Costruttori	9
2.10	Campi e metodi statici	11
2.11	Caricamento di classi	11
2.12	Inizializzazione dei campi statici	11
2.13	Tempo di vita e inizializzazione delle variabili	11
3	Ereditarietà	13
3.1	Tipo Object	13
3.1.1	Operatore di uguaglianza VS equals()	13
3.2	Ereditarietà e contratti	14
3.3	Costruttori nelle sottoclassi	14
3.4	Polimorfismo	15

3.5	Conversioni di tipo	16
3.6	Identificazione dei tipi run-time	16
3.7	Keyword Final	16
3.8	Suggerimenti per la progettazione di classi	17
3.9	Suggerimenti per la progettazione di gerarchie	17
3.10	Classi wrapper	17
4	Organizzare le classi	18
4.1	Classi astratte	18
4.2	Interfacce	19
4.3	Classi interne	20
5	Generics e Collezioni	22
5.1	Generics	22
5.2	Collezioni	23
6	Eccezioni	24
6.1	Tipi di eccezioni	24
6.2	Sollevare un'eccezione, blocchi try-catch, il costrutto finally	24
6.3	Clausole throws e overriding di metodi	25
6.4	RuntimeExceptions comuni	25
7	Programmazione Concorrente	26
7.1	Processi e Thread	26
7.2	Creare Thread in Java	26
7.3	Ciclo di vita di un Thread	27
7.4	Correttezza di un programma concorrente	28
7.5	Terminazione di un thread	28
7.6	Il problema della condivisione dei dati	29
7.7	Thread e Task	29
8	Stream e File	31
8.1	Stream e <code>java.io</code>	31
8.2	Stream e file	32
8.3	Serializzazione	32

Capitolo 1

Struttura dei programmi Java

1.1 Java e il Main

Il linguaggio Java è orientato completamente agli oggetti, quindi non ci sono funzioni, solo metodi di classe. Anche il `main` è un metodo di classe, **statico** (non ha oggetto di invocazione), **pubblico** (accessibile da chiunque), con argomento di tipo `String[]` e senza valore di ritorno (**void**). Un programma deve avere una classe pubblica con il metodo `main`, invocato automaticamente all'inizio dell'esecuzione.

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

1.2 Pacchetti - Package

Un file `.java` contiene una classe **pubblica** che ha lo stesso nome del file. Le classi correlate tra loro stanno nello stesso pacchetto. Un pacchetto evita il conflitto di nomi e serve a partizionare i moduli di un programma.

Ogni file che appartiene ad un pacchetto deve avere la dichiarazione come prima istruzione.

```
package nomepacchetto;
```

Il nome completo di una classe è quindi **nomepacchetto.nomeclasse**. Si può creare una gerarchia di pacchetti, ma non da privilegi di accesso tra i pacchetti.

Per usare in una classe un tipo dello stesso pacchetto basta il nome della classe, mentre se si usa un tipo esterno serve il nome completo o si "include" il pacchetto che lo contiene (`import pacchetto.*;`) o si utilizza la "dichiarazione d'uso" (`import pacchetto.classe;`). A differenza di C++, i pacchetti non vengono incluse fisicamente, quindi non influenzano le prestazioni.

1.3 Operatori logici

La valutazione degli operatori logici condizionali avviene per short-circuiting, cioè evitando di controllare il secondo operando se possibile. In particolare:

- `w && z` - se `w` valuta a **false** allora `z` non viene valutato;
- `x || y` - se `x` valuta a **true** allora `y` non viene valutato.

1.4 Costrutto *enhanced for* - il for migliorato

In Java esiste il for migliorato (o anche foreach) che permette di semplificare le iterazioni di array e collezioni. Si usa ponendo tra parentesi il `tipo_contenuto : nome_contenitore`. Il costrutto itera automaticamente finché sono presenti valori nel contenitore.

```
1 int[] array = {1, 2, 3, 4, 5};
2 for(int valore : array)
3 {
4     // fai qualcosa con i valori, es:
5     System.out.println(valore);
6 }
```

Capitolo 2

Classi e oggetti

2.1 I tipi primitivi

Ogni tipo è una classe, compresi quelli base (es: Integer per int). Per comodità esistono i tipi primitivi non classe: int, long, double, float, boolean, char. I valori di questi non sono oggetti.

Java è fortemente tipato, quindi un'espressione deve avere un valore compatibile, cioè stesso tipo o sottotipo secondo la relazione:

```
byte < short < int < long < float < double
```

Non si può convertire implicitamente con perdita di informazioni! È necessario un typecast, ma se la conversione è tra tipi incompatibili (relazione sopra), dà comunque errore (es: int-bool). La conversione tra tipo primitivo e tipo wrapper (es: int-Integer) può avvenire in automatico.

2.2 Oggetti e riferimenti

Un oggetto viene costruito in due passaggi:

1. creazione del valore
2. memorizzazione in una variabile

La variabile oggetto a cui si assegna il valore NON alloca memoria di un oggetto ed è chiamato riferimento. L'oggetto viene creato e allocato con la new + costruttore. Il riferimento è un puntatore all'oggetto e una dichiarazione alloca il puntatore e basta. L'accesso all'oggetto puntato non avviene attraverso la dereferenziazione ma tramite il riferimento.

Se viene usato un riferimento non inizializzato si ottiene l'eccezione `NullPointerException`.

2.3 Assegnazione e riferimenti

L'assegnazione tra riferimenti copia i riferimenti, "spostando il puntatore", e non copia l'oggetto. Se si perde l'accesso ad un oggetto, viene gestito automaticamente dal garbage collector.

2.4 Stringhe ed Array

Stringhe ed array sono tipi classe, non primitivi.

2.4.1 Stringhe

String appartiene a `java.lang` ed è sempre incluso. Le stringhe si possono indicare tra doppi apici: "stringa". In questo caso si dice che è un letterale stringa.

Le stringhe occupano un certo spazio di memoria e si possono vedere come riferimenti a quell'area di memoria; quando viene utilizzata una stringa ci si riferisce al relativo spazio. Con `new String("prova")` si crea un oggetto che rappresenta la stringa. Quindi `String a = "prova";` è diverso da `String b = new String("prova");`.

Due stringhe si possono concatenare con l'operatore `+`. È sempre possibile convertire un tipo `T` ad uno `String`; grazie a questo si può concatenare `String+T` qualsiasi.

2.4.2 Array

Sono usati per raggruppare valori dello stesso tipo:

```
1 // riferimento = oggetto
2 char[] s = new char[20];
3 // costruisce 20 variabili di tipo char
4 classe[] c = new classe[200];
5 // costruisce 200 riferimenti ad oggetti di tipo
   classe
```

Gli oggetti effettivi vanno creati con le istruzioni `c[i]=new class();`.

Gli array vengono inizializzati in automatico in base al tipo (numeri=0, char='      ', bool=false, class=null). Si può inizializzare esplicitamente:


```
1 String[] nomi = {"gigi", "pino"};
2
3 classe[] c = {new classe(), new classe()};
```

Limiti di un array: da 0 a `length` (campo implicito dell'array). Java fa un controllo run-time per vedere se un indice su un array appartiene all'intervallo del relativo array. La dimensione dell'array una volta creato è fissa; per cambiare la dimensione si deve creare un nuovo array e "spostare il puntatore", ma si perde il contenuto. È disponibile `System.arraycopy()` per copiare il contenuto degli array, ma solo i riferimenti.

Gli array possono avere più dimensioni:

```
1 // crea un array di 3 elementi inizializzati a null
2 int[][] mat = new int[3][]
3 // inizializza i 3 elementi con un array di 5
  elementi
4 mat[0] = new int[5];
5 mat[1] = new int[5];
6 mat[2] = new int[5];
7 // risulta un array 3 righe per 5 colonne
```

2.5 Passaggio dei parametri

L'unico modo per passare i parametri ai metodi è per valore, quindi i parametri formali sono inizializzati con copie degli attuali. Se è un tipo primitivo, non c'è side effect, mentre se è di tipo classe si (sull'oggetto, non sul riferimento).

2.6 Overloading di metodi

Più metodi possono avere lo stesso nome, ma deve cambiare il numero e il tipo di parametri. Se cambia solo il tipo di ritorno non funziona.

Il compilatore sceglie prima il metodo con i parametri dello stesso tipo, poi quello dove i parametri formali hanno il minimo supertipo (vedi relazione sopra) rispetto ai parametri attuali. Se c'è ambiguità, non compila.

2.7 Riferimento this

This è un riferimento all'oggetto d'invocazione e si può usare solo sui metodi non statici. Di solito si usa per passare l'oggetto di invocazione come un argomento di un metodo.

2.8 Controllo degli accessi a campi e metodi

Ci sono 4 modificatori di accessibilità:

- campo/metodo marcato **private** è accessibile solo all'interno della classe
- campo/metodo senza marcatura ottiene accessibilità **package**, cioè è accessibile all'interno del pacchetto in cui è definito (pacchetto!=sottopacchetto)
- campo/metodo marcato **protected** è accessibile dal pacchetto e dalle sottoclassi
- campo/metodo marcato **public** è accessibile da chiunque

Anche una classe può avere diverse accessibilità:

- public
- senza marcature -> package
- protected e private solo se sono classi interne

2.9 Costruttori

Comportamento del costruttore:

1. viene allocato l'oggetto e i campi sono inizializzati a zero
2. i campi sono inizializzati secondo i valori delle inizializzazioni esplicite
3. viene eseguito il corpo del costruttore

Il costruttore ha il nome della classe, nessun tipo di ritorno, per default la stessa accessibilità della classe.

Ogni classe ha il costruttore di default senza parametri ma la definizione di un costruttore disabilita lo standard di default. Non esiste il costruttore di copia, ma si usa un apposito metodo clone. Non esiste la lista di inizializzazione, né i valori di default per i parametri.

È utile avere costruttori a più parametri; in Java sono costruttori che si invocano tra loro tramite il `this(n_parametri)`, che deve essere il primo statement del costruttore.

```
1 public class Dipendente{
2
3     private String nome;
4     private int stipendio;
5
6     public Dipendente(String n, int s) {
7         nome = n;
8         stipendio = s;
9     }
10
11     public Dipendente(String n) {
12         this(n,0);
13     }
14
15     public Dipendente() {
16         this(" ");
17     }
18 }
```

L'inizializzazione dei campi può quindi avvenire:

- con i costruttori
- con l'inizializzazione automatica a zero
- con l'inizializzazione esplicita, che può avvenire nel momento della dichiarazione del campo o in un apposito *blocco di inizializzazione*, un blocco dentro la classe ma esterno da metodi

```
1 // blocco di inizializzazione
2 {
3     nome="esempio";
4     stipendio=0;
5 }
```

2.10 Campi e metodi statici

I campi statici sono condivisi tra gli oggetti della classe; c'è una sola copia in memoria. Sono utili per la comunicazione tra oggetti, per esempio per contare le istanze create. Si usa con il nome della classe: `C.s`.

I metodi statici non hanno oggetto di invocazione e si usano con il nome della classe: `C.m()`.

All'interno della classe non serve richiamare il nome della classe. Metodi e campi statici vengono creati e inizializzati al caricamento della classe.

2.11 Caricamento di classi

Java carica il bytecode di una classe al primo statement che usa la classe. Se viene solo dichiarato un riferimento, non viene caricata la classe.

2.12 Inizializzazione dei campi statici

I campi statici si possono inizializzare tramite il blocco di inizializzazione con lo static davanti e viene eseguito quando la classe viene caricata. Se una classe ha più blocchi, vengono eseguiti sequenzialmente.

```
1 public static int n = 3;
2 static {
3     // codice che fa qualcosa alla variabile statica
4     n++;
5 }
```

2.13 Tempo di vita e inizializzazione delle variabili

- Variabili locali di un metodo: la variabile deve essere inizializzata, altrimenti da errore; sono allocate nello stack quando dichiarate e deallocate a fine metodo; se è un riferimento, non viene deallocato l'oggetto puntato, a meno che non abbia più riferimenti che lo puntano.
- Parametri formale: allocati/deallocati in memoria all'inizio/fine dell'esecuzione del metodo; inizializzati con i valori dei parametri attuali.
- Variabili di istanza (campi dati): vengono creati quando un oggetto viene costruito e esistono finché esiste un riferimento a quell'oggetto; inizializzate come indicato sopra.

- Variabili di classe (statiche): le variabili statiche sono create al caricamento della classe e vengono deallocate a fine dell'esecuzione; inizializzate a zero, successivamente con il blocco di inizializzazione (se presente).

Capitolo 3

Ereditarietà

Una classe può avere solo una superclasse. Una derivata è indicata da `Class C extends nomeClasseBase`.

3.1 Tipo Object

Object è la classe base implicita di ogni classe (non serve l'extends). Le classi ereditano i suoi metodi, tipo:

- `boolean equals(Object obj)` che verifica se due riferimenti puntano allo stesso oggetto; un riferimento è l'oggetto di invocazione, l'altro è parametro passato.
- `String toString()` ritorna l'oggetto di invocazione in formato stringa; la versione di default restituisce il nome della classe e l'indirizzo del riferimento (quindi meglio ridefinirlo per classe).
- `void finalize()` è una sorta di "distruttore" invocato dal garbage collector su un oggetto senza riferimenti; può aver senso ridefinirlo se si vuole rilasciare risorse o per eseguire azioni di clean-up.

3.1.1 Operatore di uguaglianza VS equals()

L'operatore `==` esegue un confronto tra il contenuto di variabili qualsiasi. Se sono riferimenti, ritorna `true` solo se entrambi si riferiscono allo stesso oggetto. Se entrambi sono `null`, l'uguaglianza è vera.

L'`equals()` in versione non ridefinita, usato con `ref1.equals(ref2)`, ritorna `true` se si riferiscono allo stesso oggetto, esattamente come `==`. L'`equals()` però in genere si ridefinisce per confrontare gli oggetti e non

i riferimenti in modo da poter dire se due oggetti diversi possano essere considerati "uguali" secondo determinate condizioni.

3.2 Ereditarietà e contratti

Una classe ha tre contratti:

- **pubblico**, per gli utenti della classe, che definisce le funzionalità primarie del tipo
- **protetto**, per chi estende e specializza la classe, che definisce funzionalità disponibili ai sottotipi
- **package**, che definisce funzionalità fornite all'intero pacchetto e permette la cooperazione tra tipi dello stesso pacchetto.

Controllo degli accessi a campi e metodi:

Modificatore	Stessa classe	Stesso package	Sottoclasse	Universo
public	Si	Si	Si	Si
protected	Si	Si	Si	No
nessuno (package)	Si	Si	No	No
private	Si	No	No	No

3.3 Costruttori nelle sottoclassi

Le derivate ereditano i campi della superclasse, ma non possono inizializzarli. Nei costruttori devono richiamare il costruttore della base tramite la keyword `super()`.

Comportamento del costruttore di una derivata:

1. viene allocata la memoria per tutti i campi, sia propri che ereditati
2. tutti i campi vengono inizializzati a zero
3. viene richiamato il costruttore della superclasse diretta; è un passo ricorsivo e si risale fino a `Object`
4. vengono eseguite le inizializzazioni esplicite dei campi di `D`

5. corpo del costruttore

Se **super** non è invocato, il compilatore inserisce una chiamata implicita al costruttore di default della base con **super()**; se quello di default non è disponibile, da errore.

3.4 Polimorfismo

Principio di sostituzione: sia T1 sottotipo di T2, un oggetto di tipo T1 può essere usato in ogni contesto al posto di un oggetto di tipo T2.

Relazione di sottotipo: $T1 \leq T2$ se:

- T1 e T2 sono dello stesso tipo
- T1 è definito come `class T1 extends T2` (derivata)
- T1 e T2 sono tipi array, $T1=A[]$, $T2=B[]$ e $A \leq B$
- Esiste un tipo T3 tale che $T1 \leq T3$ e $T3 \leq T2$
- T2 è Object

Tipo statico di un riferimento TS(ref) è il tipo con cui è stato dichiarato; tipo dinamico del riferimento TD(ref) è il tipo effettivo dell'oggetto a cui si riferisce. Vale sempre $TD \leq TS$.

In Java non c'è distinzione tra ridefinizione e overriding. Tutti i metodi sono implicitamente virtuali se presenti in più classi. Ma un metodo ridefinito:

- deve avere la stessa segnatura (nome, numero e tipo di argomenti, tipo di ritorno uguale o più piccolo)
- non può diventare meno accessibile del metodo originale
- non può sollevare più eccezioni del metodo originale

Binding (o dispatching): staticamente il compilatore controlla se esiste una definizione del metodo usato, dinamicamente viene scelta la ridefinizione più specifica rispetto al tipo dinamico (quindi con meno conversioni).

Per i metodi statici e i campi dati il dispatching è sempre statico. Anche per i metodi privati (perché non possono essere ridefiniti) e quando viene invocato un metodo della superclasse con la keyword **super**. **Super** in modo simile al **this** si riferisce all'oggetto corrente ma con il tipo della superclasse. Quindi un **super.m()** invoca sempre il metodo della superclasse.

L'overloading dei metodi **non** nasconde tutti i metodi della base, ma solo quelli con la stessa segnatura e tipo di ritorno.

3.5 Conversioni di tipo

Le conversioni sono possibili solo se un tipo è minore dell'altro. Se quello di partenza è più piccolo si chiama upcast, viceversa downcast. L'upcasting è sempre sicuro perché rispetta il principio di sostituzione.

Il downcasting si usa quando si ha la necessità di usare metodi specifici del tipo dinamico (il *dynamic_cast* di C++); viene fatto esplicitamente con `(tipoTarget)nomeVariabile`. Questa operazione ritorna un riferimento con lo stesso valore ma tipo statico diverso, ma il riferimento originale ha ancora lo stesso tipo statico.

```
1 T1 ref=new T2();  
2 T2 nuovoRef=(T1)ref;  
3 // TS(ref)=T1, TS(nuovoRef)=T2, TD(entrambi)=T2.
```

La conversione `T(ref)`:

- staticamente compila se `TS(ref)` e `T` sono nella stessa gerarchia
- dinamicamente è corretta se $TD(ref) \leq T$, altrimenti lancia l'eccezione `ClassCastException`

3.6 Identificazione dei tipi run-time

Esiste l'operatore booleano `ref instanceof T` che permette di vedere se è possibile effettuare il downcasting; ritorna true se `ref` è non nullo e $TD(ref) \leq T$.

3.7 Keyword Final

Final viene usato per indicare qualcosa di costante. Il riferimento `this` è implicitamente final.

NB: non esistono oggetti costanti.

Un campo dati marcato final è costante: non si può modificare il valore. Se è statico e final deve essere inizializzato esplicitamente, altrimenti è errore; se è solo final, deve essere inizializzato esplicitamente o con il costruttore (l'inizializzazione automatica a zero non basta).

Un riferimento marcato final si riferisce solo ad uno oggetto fisso, ma l'oggetto può essere modificato. Di solito non si usano campi dati riferimenti final.

Gli argomenti di un metodo possono essere marcati final: non si può modificare l'argomento; se è un riferimento, si può solo modificare l'oggetto.

Un metodo marcato `final` non può essere ridefinito nelle sottoclassi (usato per motivi di sicurezza o efficienza). Un metodo privato è già implicitamente `final` (ma se viene ridefinito, non è segnato errore).

Una classe marcata `final` non può avere derivate.

3.8 Suggerimenti per la progettazione di classi

- progettare al meglio i contratti della classe (`public`, `protected`, `package`)
- i campi dati è meglio che siano privati, se possibile
- inizializzare i dati esplicitamente, non fidandosi dell'inizializzazione automatica
- raggruppare i campi
- una singola classe non dovrebbe svolgere troppi compiti
- usare identificatori significativi

3.9 Suggerimenti per la progettazione di gerarchie

- le operazioni comuni vanno in una superclasse
- evitare i campi `protected`
- usare l'ereditarietà solo quando un oggetto del sottotipo è intuitivamente anche oggetto del supertipo
- usare l'ereditarietà solo se tutti i metodi hanno senso nelle classi che li ereditano
- l'overriding di un metodo non deve modificarne il contratto
- limitare il downcast

3.10 Classi wrapper

Sono classi che racchiudono tipi primitivi per poterli trattare come oggetti.
Es: `Integer` \rightarrow `int`

Capitolo 4

Organizzare le classi

La relazione tra classi si può distinguere tra "è un" (*is-a*) ed "ha un" (*has-a*), ovvero ereditarietà di tipo e ereditarietà di implementazione. Quella di tipo si ha quando si estende effettivamente la classe e si sfrutta il polimorfismo, mentre quella di implementazione si ha quando è comodo riutilizzare il codice di un'altra classe.

4.1 Classi astratte

Si può creare una classe astratta con la keyword **abstract**. Questo permette di dichiarare metodi astratti (con **abstract**) che posso non definire. In compenso, non posso creare oggetti di quel tipo, ma si possono creare dei riferimenti che saranno sicuramente polimorfi.

Se una classe contiene un metodo astratto, la classe va marcata astratta o si ha un errore. La classe astratta può avere dei campi dati; in questi casi viene definito un costruttore astratto che verrà richiamato dalle derivate. Dei metodi concreti possono invocare metodi astratti che a runtime verranno invocati virtualmente nel modo corretto. Una classe astratta non può avere metodi statici/final astratti perché richiedono un dispatching statico. Una sottoclasse rimane astratta finché non definisce tutti i metodi astratti della base.

Di solito le classi astratte si usano per l'**ereditarietà di implementazione** perché permettono di scrivere una struttura riutilizzabile dalle derivate.

4.2 Interfacce

Le interfacce si usano per l'**ereditarietà di tipo**. Le interfacce definiscono funzionalità su un tipo senza indicare come è implementato quel tipo. Si dichiara con la keyword `interface Nome{...}` e ha regole specifiche:

- si può dichiarare solo campi marcati `public static` e `final`, e metodi astratti pubblici (`abstract` è implicito)
- non può avere metodi statici
- non sono istanziabili, neanche come sottooggetti, quindi non hanno il costruttore
- può avere accessibilità `public` o `package`

Un'interfaccia non può essere istanziata, quindi l'unico modo per usare il tipo dell'interfaccia è implementandola con una classe che ne definisce **tutti** i metodi. La classe diventa sottotipo, quindi è possibile usare un riferimento dell'interfaccia in maniera polimorfa. La classe implementa con la keyword `implements`.

Le interfacce permettono di implementare una sorta di "ereditarietà multipla" di tipo; infatti una classe può implementare più interfacce, ma estendere solo una classe. Può farlo contemporaneamente, prima `extends`, poi `implements` (`extends A implements B, C`).

Le interfacce possono estendersi tra loro, formando gerarchie; è possibile fare dei cast e `instanceof`. Non hanno un'interfaccia base comune, ma vale la relazione $\text{Interface} \leq \text{Object}$.

Relazione di sottotipo aggiornata: $T1 \leq T2$ se vale

- $T1$ e $T2$ sono lo stesso tipo
- $T1$ è definito come `T1 extends T2`, `T1 implements T2`
- $T1$ e $T2$ sono tipi array, $T1=A[]$, $T2=B[]$ e $A \leq B$
- esiste un $T3$ tale che $T1 \leq T3$ e $T3 \leq T2$
- $T2$ è di tipo `Object`, anche se $T1$ è interfaccia

Le conversioni cambiano leggermente. Se un riferimento `ref` ha come `TS` un'interfaccia, è sempre possibile convertire esplicitamente `ref` a qualsiasi classe, senza dare errori a compile time. Può però dare `ClassCastException` dinamicamente se $\text{TD}(\text{ref})$ non è $\leq T$.

Le interfacce hanno un grosso problema: non è possibile aggiungere metodi e funzionalità successivamente perché invalidano tutte le classi che hanno implementato l'interfaccia. Da Java 8 esistono i metodi di default (**defender methods** ¹) che servono a risolvere questo problema. Questi metodi hanno un'implementazione di default della funzione così da permettere di far evolvere un'interfaccia senza invalidare le classi che l'hanno implementata. Se una classe eredita due implementazioni del metodo di default, verrà scelta la scelta quella della classe concreta più specifica.

Da Java 8 è possibile creare metodi statici in un'interfaccia, ma non possono essere ridefiniti dai sottotipi (vanno definiti nella prima dichiarazione).

4.3 Classi interne

Le classi interne sono classi definite dentro ad altre classi, come membro (classi interne di istanza o statiche) o dentro un blocco di codice (classe interna locale). Un tipo innestato è parte del tipo che lo racchiude ed entrambe possono accedere a tutti i membri dell'altra classe (anche privati!).

Le classi interne possono essere private in modo da non essere accessibili dalle altre classi del package. La classe interna non è sottotipo della classe contenitore.

Nota per gli esempi: Inner = tipo interno, Outer = tipo esterno.

Classe interna di istanza È considerata un membro, quindi ha un qualsiasi marcatore di accesso e può essere static. Se la classe non è statica, un oggetto della classe interna ha un riferimento "outerThis"² all'oggetto della classe esterna che lo ha creato.

La classe interna può accedere a tutti i membri della classe esterna tramite l'outerThis, ovvero `Outer.this.membroEsterno`. La classe contenitore può accedere a tutti i membri della classe interna tramite oggetti della classe interna.

Per costruire un oggetto di tipo Inner è necessario usare la classe esterna. Se la classe non è statica, si usa `this.new Inner()`, mentre se è statica `ref.new Inner()`, dove ref è di tipo Esterno. Se la classe interna è accessibile dall'esterno, si può usare il tipo Inner anche al di fuori del contenitore tramite `nomeClasseEsterna.Inner`. Non contiene membri statici.

```
1 Outer ref = new Outer();
```

¹<https://dzone.com/articles/introduction-default-methods>

²Nota: non esiste letteralmente la keyword outerThis!

```

2 // se non e' statica
3 Outer.Inner InnerObj = this.new Inner();
4 // se e' statica
5 Outer.Inner InnerObj = ref.new Inner();

```

La classe interna può implementare un'interfaccia; in particolare se fatto privato viene nascosta dall'esterno e l'implementazione delle classi esterne non dipende da quella dell'interfaccia. Allo stesso modo è possibile fare classi interne che estendono una classe, creando una sorta di ereditarietà multipla.

Classe interna statica A volte non serve che la classe interna faccia riferimento ad un oggetto della esterna, quindi torna comodo dichiararla statica. In questo caso, non esiste l'`outerThis` e non serve un oggetto della classe esterna per crearne uno di quella interna. Però la classe interna non può accedere ai campi non statici della classe esterna.

Si definisce statica se non ha bisogno di accedere ai membri non statici della classe esterna: la classe esterna estende una classe D1, mentre la classe interna estende D2; in questo modo la classe esterna può accedere anche ai campi di D2.

Classe interna anonima Sono classi interne senza nome, di solito usate per implementare interfacce. Si possono creare oggetti di quella classe, ma non possono essere usati come tipi statici; non ha costruttori (a parte quello di default).

```

1 public interface Interfaccia {...}
2
3 class C {
4     // metodo che ritorna un oggetto di un sottotipo
5     // anonimo a Interfaccia
6     public Interfaccia ritornaInterfaccia()
7     {
8         return new Interfaccia() {...}; // serve il
9         punto e virgola!
10    }
11 }

```

Classi innestate in interfacce Anche le interfacce possono contenere classi e sono tutte statiche.

Capitolo 5

Generics e Collezioni

5.1 Generics

In Java sono presenti i template di funzione e di classe, e si chiamano funzioni/classi generiche. La definizione utilizza un tipo parametrico `T` che deve essere specificato quando si vuole usare un'istanza di quel template di classe/interfaccia, mentre per i metodi viene dedotto dal compilatore. Il tipo `T` non può essere un primitivo, vengono accettati solo tipi classe e interfaccia. Per definire un generic si usano le parentesi angolari:

```
1 public class Classe<T,Z> { }
2 public interface Interfaccia<T> { }
3 public <T> void f(T[] array) { }
```

Un metodo statico che utilizza un tipo parametrico deve essere un metodo generico o si ha un errore di compilazione.

```
1 public class Classe<T>{
2     public static <T> void m(T[] arg) { }
3 }
```

Vincoli sui tipi delle variabili e Wildcards

È possibile porre dei vincoli sui tipi accettabili dal template per evitare errori logici (String in un template che confronta numeri). I vincoli sono espressi all'interno delle parentesi angolari indicando quali classi estende:

```
1 public static <T extends C> min(T[] arg){ }
2 // dove C \ 'e la classe/interfaccia base
```

Nome	Sintassi	Significato
upper bounded	? extends B	qualsiasi sottotipo di B
lower bounded	? super B	qualsiasi supertipo di B
unbounded	?	qualsiasi tipo

Se si vuole che estenda più classi si usa

Un altro modo per porre dei vincoli e l'utilizzo di wildcards, cioè dei caratteri jolly che hanno un significato implicito.

Generics e Ereditarietà

Se un tipo è l'estensione di un altro, non comporta che lo siano anche le classi generiche istanziate.

```

1 class Dirigente extends Dipendente {...}
2 class Agente extends Dipendente {...}
3 ArrayList<Dirigente> a = new ArrayList<Dirigente>();
4 ArrayList<Dipendente> b = a; // NON FUNZIONA
5 Dipendente dip = new Agente();
6 b.add(dip);

```

A causa del *type erasure* di Java non è possibile:

- costruire oggetti che sono istanze del tipo parametro
- usare il tipo di una classe generica per definire campi dati statici, metodi statici o classi

5.2 Collezioni

Le collezioni in Java corrispondono ai contenitori, dove un oggetto rappresenta un insieme di oggetti.

Capitolo 6

Eccezioni

6.1 Tipi di eccezioni

In Java, errori ed eccezioni sono oggetti, appartenenti a classi derivate da **Throwable**, la superclasse base. Il tutto si può distinguere tra eccezioni controllate e non controllate; le prime sono casi anomali gestibili, le seconde sono errori logici irrimediabili. In particolare:

- **Error** è la sottoclasse degli errori severi/fatali, di solito **non** gestibili; terminano il programma (es: out of memory).
- **RuntimeException** racchiude gli errori logici che avvengono runtime, **non** gestibili perché sono effettivamente errori logici che richiedono una modifica del codice (es: divisione per zero, nullpointer, ecc).
- le rimanenti **Exception** vanno sempre gestite, o viene segnalato un errore a compile time.

Si può usare un'eccezione definita dall'utente creando una classe che estende **Exception**.

6.2 Sollevare un'eccezione, blocchi try-catch, il costrutto finally

Un'eccezione viene lanciata dal **throw** creando un oggetto del tipo eccezione che si vuole lanciare. La **throw** blocca l'esecuzione e cerca il codice che deve gestirla.

Se un metodo non gestisce l'eccezione al suo interno, è necessario indicare nella segnatura i tipi di eccezione che lancia.

```
1 void m() throws Exc {  
2     try {throw new Exc("errore");}  
3 }
```

Il codice che può sollevare eccezioni va in un blocco **try** e l'eccezione viene gestita dal primo **catch** di tipo compatibile. L'ordine delle clausole è da sottoclasse a superclasse, altrimenti la superclasse prende tutte le eccezioni. Se non si trova la **catch** adatta, l'eccezione viene rilanciata al metodo che ha invocato il metodo che ha lanciato l'eccezione; se non viene gestita, viene terminato il programma.

Al termine del blocco try-catch è possibile inserire il blocco **finally**, un blocco di codice che viene sempre eseguito, anche se nel **try** è stato eseguito un **return**. È un blocco di codice protetto, che esegue sempre, ed è utile per rilasciare le risorse.

6.3 Clausole **throws** e overriding di metodi

Un metodo può non gestire l'eccezione al suo interno; in questo caso è necessario indicarlo nella segnatura con **throws Eccezione**. Quando si hanno metodi ridefiniti con **throws** nella segnatura, il metodo ridefinito deve lanciare eccezioni che sono sottotipo del precedente e non deve avere più eccezioni.

6.4 **RuntimeExceptions** comuni

- **ArithmeticException**: divisione per zero;
- **NullPointerException**: riferimento nullo;
- **ClassCastException**: cast dinamico fallito;
- **ArrayIndexOutOfBoundsException**: tentativo di accedere ad un elemento oltre i limiti di un array.

Capitolo 7

Programmazione Concorrente

7.1 Processi e Thread

Ci sono due tipi di multitasking:

- cooperativo, in cui i programmi in esecuzione vengono interrotti solo quando sono disposti a cedere la CPU;
- preemptive, dove il sistema operativo interrompe i processi senza consultarli, garantendo l'esecuzione a tutti (preferibile, ma più complessa da gestire).

Processo: programma in esecuzione, rappresentato dal proprio codice + proprio program counter + proprio spazio di indirizzamento. Thread: singolo flusso di controllo all'interno di un processo. Un processo può avere più thread. Un programma è multithreaded quando consiste di più thread concorrenti.

7.2 Creare Thread in Java

Anche i thread sono oggetti della classe Thread. Ci sono due modi per creare un thread: estendere Thread o implementare Runnable.

```
1
2 class C extends Thread{
3     public void run(){ ..codice thread.. } //
   override
```

```

4 }
5
6 C c=new C();
7 c.start(); // solo con questa invocazione
8   viene effettivamente attivato il thread dalla JVM
9
10 class C implements Runnable{
11     public void run(){ ..codice thread.. } //
12     override
13 }
14 C c=new C();
15 Thread t=new Thread(c);
16 t.start(); // solo con questa invocazione
17   viene attivato il thread

```

Differenze tra i due: oggetto Thread rappresenta il meccanismo che esegue l'attività logica del thread, oggetto Runnable rappresenta l'attività logica in sé. Implementare Runnable è utile a causa del vincolo di ereditarietà singola, mentre estendere Thread è utile quando si usano altri metodi di Thread. Thread permette di usare direttamente `this` per riferirsi al thread, mentre Runnable necessita il metodo statico `currentThread()`.

I thread possono essere dichiarati senza riferimento se usati direttamente come oggetto di invocazione. Questi oggetti non sono preda del garbage collector, perché esiste sempre un riferimento implicito ad oggetti di tipo Thread.

Thread possiede un costruttore ad un parametro di tipo stringa che permette di dare un nome ad un thread.

NB: anche il main ha un suo thread logico, detto main thread. La terminazione del main thread non implica la terminazione dell'esecuzione del programma, che continua finché ci sono thread attivi.

7.3 Ciclo di vita di un Thread

All'interno del ciclo di vita di un thread è possibile distinguere 4 stati:

- **new**, in cui il thread viene creato con l'istanziatura dell'oggetto
- **runnable**, quando il thread è virtualmente in esecuzione

- **not runnable**, quando il thread è bloccato in attesa di qualcosa (I/O, sleep, lock, ecc)
- **terminated**, quando il thread termina l'esecuzione con l'uscita dal metodo run

Il metodo `sleep(int millisecondi)` mette un thread in stato not runnable per un tempo indicato in millisecondi.

Le eccezioni nel metodo run se sono *controllate* vanno gestite all'interno del metodo, mentre se è *non controllata* possono esserci dei problemi: se non viene gestita, viene sollevata l'eccezione, interrotto il thread, ma l'esecuzione degli altri thread prosegue, quindi potrebbe venire ignorata. Si può installare nel thread un gestore delle eccezioni *non controllate* di tipo `Thread.UncaughtExceptionHandler`, passandolo al metodo `setUncaughtExceptionHandler`.

7.4 Correttezza di un programma concorrente

La correttezza in un programma concorrente non è facile da assicurare. Deve essere corretto l'output, si deve garantire che tutti i thread abbiano la possibilità di essere eseguiti e assicurare che il programma non deteriori le prestazioni impegnando inutilmente la CPU. La gestione dell'ordine di esecuzione dei thread dipende dal sistema operativo. È possibile influenzare lo scheduling tramite la priorità dei thread e il metodo `yield()`. Un thread ottiene la stessa priorità del thread che l'ha creato, ma `setPriority()` permette di assegnare una diversa priorità. Se due thread sono nello stato runnable, viene eseguito quello con priorità maggiore. Il metodo statico `yield()` fa abbandonare la CPU dal thread che la sta utilizzando per permettere ad altri thread con la stessa priorità di usarla. Non è assicurato che il SO segua questi parametri; non bisogna basare la correttezza di un programma sulle priorità o su `yield`, ma usare piuttosto `sleep` o `wait`.

7.5 Terminazione di un thread

Il metodo `join()` permette di far attendere un thread la terminazione di un altro thread. (?) Il metodo `interrupt()` permette di interrompere un thread, assegnandogli lo stato di interruzione tramite un flag booleano. Tramite `Thread.currentThread().isInterrupted()` è possibile sapere il valore del flag e decidere come reagire all'interruzione, se concludere il run()

o ignorare la richiesta. Se il thread era nello stato not runnable, genera l'eccezione `InterruptedException`. Ci sono dei thread che lavorano in background, detti demoni. Questi hanno un metodo `run` con un loop infinito che attende richieste da altri thread. È possibile creare un thread demone con `t.setDaemon(true)` prima dello `start()`. I thread demoni non mantengono attivo il programma: se sono rimasti solo demoni il programma viene terminato.

7.6 Il problema della condivisione dei dati

Due thread concorrenti possono accedere agli stessi dati; c'è bisogno di gestire gli accessi per non danneggiare i dati condivisi. Per ogni oggetto condiviso, vanno individuate le sezioni critiche e sincronizzate le entrate dei thread in queste sezioni in modo che in ogni istante un solo thread sta eseguendo le istruzioni della propria sezione critica. Un metodo è quello dei lock, che indicano che l'oggetto sta venendo usato nella sezione critica. Le sezioni critiche vanno racchiuse nei blocchi `synchronized (exp) ...`, dove `exp` è l'oggetto per cui il codice nel blocco è una sezione critica. Un thread che arriva al blocco richiede il lock:

- se lo ottiene, blocca l'accesso finché non termina il codice, poi rilascia il lock; viene rilasciato anche se interrotto da un'eccezione
- se non lo ottiene, viene sospeso e messo in coda finché non si libera

Se un thread viene interrotto e perde la CPU, mantiene il lock finché non termina l'esecuzione, bloccando tutti i thread che vorrebbero accedere al blocco `synchronized` dell'oggetto.

Se un intero metodo rappresenta una sezione critica, si può usare `synchronized` nella dichiarazione del metodo, ma il marcatore non fa parte della segnatura e non viene ereditato. Le richieste di sincronizzazione fanno parte dell'implementazione, non dell'interfaccia di una classe, quindi una interfaccia non può avere metodi `synchronized`.

I lock di Java sono rientranti, cioè un thread può acquisire e rilasciare più volte il lock su uno stesso oggetto.

7.7 Thread e Task

Come già detto, c'è una differenza tra l'attività logica da eseguire concorrentemente (Task) e il meccanismo che esegue l'attività concorrentemente

(Thread). Di solito, prima di suddividere il lavoro in task, poi si pensa alla loro politica di esecuzione.

Creare un nuovo thread può essere costoso, oltre ad essere difficile da gestire bene.

Capitolo 8

Stream e File

8.1 Stream e java.io

In Java le operazioni di input e output sono trattate considerando i dati come flusso (stream). Lo stream é un'astrazione dei dispositivi di input/output: si apre lo stream, si leggono/scrivono i dati, si chiude lo stream.

In Java gli stream sono istanze di classi raccolte nel package `java.io`. Il pacchetto contiene due gerarchie di classi in base al tipo di flusso:

- flusso di caratteri, usati per la lettura/scrittura di testo
- flusso di byte, usati per la trasmissione di dati in codice binario

Alla base delle gerarchie si trovano delle classi astratte con le operazioni di base:

```
1 class Reader{
2     int read();
3     int read(char[] buff);
4     abstract int read(char[] buff, int off, int cnt);
5     int skip(long count);
6     abstract void close();
7     boolean ready();
8 }
9
10 class Writer{
11     void write(char b);
12     void write(String r);
13     abstract void write(char[] buff, int off, int cnt)
14     ;
```



```

14  abstract void close();
15  abstract void flush();
16  }
17
18  class InputStream{
19      abstract int read();
20      int read(byte[] buff);
21      int read(byte[] buff, int off, int cnt);
22      int skip(long count);
23      void close();
24      boolean available();
25  }
26
27  class OutputStream{
28      abstract void write(byte b);
29      void write(byte[] buff);
30      void write(byte[] buff, int off, int cnt);
31      void close();
32      void flush();
33  }

```

Alcuni gruppi di classi che estendono le precedenti:

- flussi `Filter`, che hanno un qualche filtro
- flussi `Buffered`, che aggiungono la presenza di un buffer per ridurre gli accessi ai dispositivi di input/output
- flussi `Piped`, che sono coppie di flussi in cui si legge in uno e si scrive nell'altro

I flussi standard (tastiera e video), sono flussi di byte.

8.2 Stream e file

Quando si trasmette con un file, serve la classe adeguata. Per i caratteri si usa `FileReader` e `FileWriter`, mentre per i byte si usa `FileInputStream` e `FileOutputStream`. L'accesso al file puo' essere sequenziale o diretto.

8.3 Serializzazione