

Java: Il sistema dei tipi

I tipi wrapper

Marco Faella

Dip. Ing. Elettrica e Tecnologie dell'Informazione
Università di Napoli "Federico II"

Corso di Linguaggi di Programmazione I

- Il linguaggio Java è **staticamente tipizzato**
- “tipizzato” vuol dire che ad ogni espressione viene assegnato un tipo, che rappresenta l'insieme di valori che l'espressione potrebbe assumere
- “staticamente” vuole dire che il tipo di ogni espressione deve essere noto al momento della compilazione
- In tal modo, il **compilatore** è in grado di controllare che tutte le operazioni (compresa, ad esempio, l'assegnazione) siano applicate ad operandi **compatibili**
- Questa fase della compilazione è chiamata appunto “*type checking*”

- I **tipi base** (o *primitivi*) sono otto:
 - boolean
 - char
 - Tipi interi: byte (8 bit), short (16), int (32), long (64)
 - Tipi in virgola mobile: float (32) e double (64)
- Inoltre, void è un tipo speciale usato solo come tipo di ritorno dai metodi
- Tra tipi base esistono le seguenti **conversioni implicite** (o **promozioni**):
 - Da byte a short, da short a int, da int a long, da long a float e da float a double
 - Da char a int
- Le conversioni implicite sono transitive
- Se esiste una conversione implicita dal tipo x al tipo y, è possibile assegnare un valore di tipo x ad una variabile di tipo y (ci torneremo con la *relazione di assegnabilità*)
- Si noti come **non** ci sono conversioni da e per il tipo boolean

Alcune conversioni implicite possono comportare una *perdita di informazione*

- Ad esempio:

```
int i = 1000000001; // un miliardo e uno  
float f = i;
```

Dopo queste istruzioni, *f* contiene un miliardo, perché un float *non ha abbastanza bit di mantissa* per rappresentare le 10 cifre significative di *i*

Le conversioni a rischio sono quella da int a float e, a maggior ragione, da long a float

Inserire una dichiarazione e inizializzazione per la variabile x , in modo che il seguente ciclo sia infinito:

```
while (x == x+1) {  
    ...  
}
```

- A differenza di altri linguaggi orientati agli oggetti (ad es., il C++), non esistono variabili che contengono oggetti, solo *referimenti* ad oggetti, ovvero variabili che contengono l'*indirizzo* di un oggetto
- I riferimenti Java sono quindi simili ai puntatori del linguaggio C
- Tuttavia, i riferimenti Java sono molto più restrittivi
 - Niente aritmetica dei puntatori (p++) e conversioni tra puntatori e numeri interi
 - Niente doppi puntatori
 - Niente puntatori a funzioni
- Quindi, rispetto ai puntatori, i riferimenti Java sono meno potenti, più facili da utilizzare e meno soggetti ad errori al run-time
- Java prevede solo il passaggio per *valore*: sia i tipi base che i riferimenti sono passati per valore
- Non è possibile passare oggetti per valore, l'unico modo di manipolare (ed in particolare, passare) oggetti è tramite i loro riferimenti (ovvero, indirizzi)

- In virtù del polimorfismo, bisogna distinguere due tipi di ogni variabile ed espressione di categoria “riferimento”:

```
Animal a = new Dog("Lilli");
```

- Animal è il tipo **dichiarato** (o statico) del riferimento “a”
- Il tipo dichiarato è noto a tempo di compilazione e rimane invariato in tutto l’ambito di validità di quel riferimento
- Dog è il tipo **effettivo** (o dinamico) del riferimento “a”, in questo momento
- Il tipo effettivo non è noto a tempo di compilazione, nel senso che il compilatore non tenta di determinarlo, perché sarebbe in generale impossibile (si pensi a un parametro di un metodo)
- Il tipo effettivo può cambiare ogni volta che si assegna un nuovo valore a quel riferimento

- Java prevede i seguenti tipi:
 - Gli 8 tipi base, o *primitivi*
 - I tipi riferimento
 - Tra cui: i tipi array
 - Il tipo speciale "nullo"
- I tipi base sono già stati introdotti
- I tipi riferimento corrispondono a classi, interfacce, enumerazioni, o array
- I tipi array (caso particolare di riferimento) sono tipi composti, ovvero si definiscono a partire da un altro tipo, detto tipo "componente", e si individuano sintatticamente per l'uso delle parentesi quadre
- Il tipo nullo prevede come unico valore possibile la costante "null"

- Proviamo a simulare la fase di *type checking* del compilatore Java sul seguente frammento di codice:

```
int n;  
double d;  
  
d = (new Object()).hashCode() + n/2.0;
```

- Proviamo a simulare la fase di type checking del compilatore Java sul seguente frammento di codice:

```
int n;  
double d;
```

```
d = (new Object()).hashCode() + n/2.0;
```

- Cominciamo dalla parte destra dell'assegnazione e procediamo dalle sottoespressioni più piccole via via fino all'intera parte destra
- La prima espressione base che incontriamo è "new Object()"
 - questa espressione è per definizione di tipo "riferimento alla classe Object", o per brevità, di tipo "Object"
- Passiamo poi all'espressione "(new Object()).hashCode()"
 - in questo contesto il punto denota la chiamata ad un metodo
 - quindi, il tipo dell'espressione è il **tipo di ritorno** del metodo, in questo caso "int"
- Esercizio: quali altri significati del punto ci sono in Java?

```
int n;  
double d;  
  
d = (new Object()).hashCode() + n/2.0;
```

- L'espressione "n" ha chiaramente tipo "int", mentre "2.0" è una costante di tipo "double"
- Quindi, i due operandi della divisione "n/2.0" hanno tipo diverso
 - il primo operando viene quindi promosso da int a double tramite *conversione implicita*
 - complessivamente, la divisione ha a sua volta tipo double
- Infine, per lo stesso motivo la somma avrà tipo double
- A questo punto, il compilatore verifica che il tipo calcolato per il lato destro dell'assegnazione sia compatibile (si veda dopo) con il tipo del lato sinistro (d)
- In questo caso, i due tipi coincidono esattamente
- Per completezza, anche l'intera assegnazione ha tipo "double"; questo consente di concatenare le assegnazioni, come in a=b=c
- Le regole di type checking sono specificate nel capitolo 15 della definizione del linguaggio Java (Java Language Specification)

- Per permettere il polimorfismo (in particolare, la capacità di un riferimento di puntare ad oggetti di tipo diverso), esiste una relazione binaria tra tipi, chiamata **relazione di sottotipo**
- La relazione di sottotipo è definita dalle seguenti regole, in cui T ed U rappresentano tipi arbitrari, *esclusi i tipi base*:
 - 1) T è sottotipo di se stesso
 - 2) T è sottotipo di Object
 - 3) Se T estende U oppure implementa U, T è sottotipo di U
 - 4) Il tipo nullo è sottotipo di T
 - 5) Se T è sottotipo di U allora T[] è sottotipo di U[]

- Per permettere il polimorfismo (in particolare, la capacità di un riferimento di puntare ad oggetti di tipo diverso), esiste una relazione binaria tra tipi, chiamata **relazione di sottotipo**
- La relazione di sottotipo è definita dalle seguenti regole, in cui T ed U rappresentano tipi arbitrari, *esclusi i tipi base*:
 - 1) T è sottotipo di se stesso
 - 2) T è sottotipo di Object
 - 3) Se T estende U oppure implementa U, T è sottotipo di U
 - 4) Il tipo nullo è sottotipo di T
 - 5) Se T è sottotipo di U allora T[] è sottotipo di U[]
- La relazione di sottotipo non coinvolge i tipi base
- E' facile verificare che la relazione di sottotipo è riflessiva, antisimmetrica e transitiva
 - pertanto, essa è una relazione d'ordine sull'insieme dei tipi (non base)
- Queste regole non tengono conto dei tipi parametrici introdotti da Java 1.5, di cui si parlerà successivamente

La relazione di sottotipo permette di definire precisamente il comportamento dell'operatore *instanceof*

Data un'espressione *exp* ed il nome di una classe o interfaccia *T*, l'espressione

exp instanceof T

restituisce *vero* se e solo se il tipo **effettivo** di *exp* **non è nullo ed è sottotipo di T**

Nota: il primo argomento di instanceof deve essere un'espressione di categoria "riferimento", pena un errore di compilazione

- La relazione di *compatibilità* (o *assegnabilità*) tra tipi stabilisce quando è possibile assegnare un valore di un certo tipo T ad una variabile di tipo U
- Si dice che T è **assegnabile** ad U se
 - T è sottotipo di U, oppure
 - T ed U sono tipi base e c'è una conversione implicita da T ad U

La relazione di assegnabilità si applica nei seguenti contesti:

- Assegnazione: `a = exp`
- Chiamata a metodo: `x.f(exp)`
- Ritorno da metodo: `return exp`

- In base alla definizione di sottotipo, un array di qualunque tipo è sottotipo di "array di Object"
- Questo consente, ad esempio, di passare qualunque array ad un metodo che abbia come parametro formale un array di Object
- Consideriamo il seguente esempio:

```
String[] arr1 = new String[10];  
Object[] arr2 = arr1;  
arr2[0] = new Object();  
String s = arr1[0];
```

```
String[] arr1 = new String[10];  
Object[] arr2 = arr1;  
arr2[0] = new Object();  
String s = arr1[0];
```

- L'esempio risulta corretto per il compilatore
- Tuttavia, nell'ultima istruzione assegniamo alla variabile "s", dichiarata String, un oggetto di tipo effettivo "Object", che non è compatibile
- In effetti, al run-time viene sollevata un'**eccezione** (ArrayStoreException) al momento della **terza** istruzione
- Questo perché al run-time gli array "ricordano" il tipo con il quale sono stati creati
- La JVM utilizza questa informazione per controllare che gli oggetti inseriti nell'array siano sempre di tipo compatibile con quello dichiarato in origine

Ad ogni modifica ad un array di riferimenti:

$$a[i] = \text{exp}$$

la JVM controlla che:

- il tipo effettivo di `exp`
- sia sottotipo
- del tipo con cui è stato creato l'array.

In caso contrario, la JVM solleva l'eccezione *ArrayStoreException*

I cast

- Java permette alcune conversioni esplicite di tipo tramite *cast*
 - Anche dette *coercizioni di tipo*

- La sintassi è:

(T) exp

- Analizziamo prima i cast tra tipi primitivi
- Si può utilizzare un cast per effettuare esplicitamente una **promozione**
 - in questo caso il cast è superfluo
- Si può utilizzare un cast per effettuare una **promozione al contrario**
 - ad esempio, da double a int
 - in questi casi, è facile incorrere in *perdite di informazioni*
 - ad esempio, nel passaggio da numeri in virgola mobile a numeri interi, si può perdere **sia in precisione che in magnitudine** (ordine di grandezza)
 - i dettagli sono definiti nella sezione 5.1.3 del JLS: Narrowing Primitive Conversion
 - queste conversioni sono decisamente sconsigliate, al loro posto è opportuno utilizzare i metodi appositi della classe Math (come Math.round)

- Sono **consentiti** dal compilatore i seguenti cast tra un tipo riferimento (o array) A ad un tipo riferimento (o array) B:

1) se B è **supertipo** di A

- si chiama "upcast"
- è superfluo, perché i valori di tipo A sono di per sé assegnabili al tipo B

2) se B è **sottotipo** di A

- si chiama "downcast"
- **al run-time, la JVM controlla che l'oggetto da convertire appartenga effettivamente ad una sottoclasse di B**
- in caso contrario, viene sollevata l'eccezione `ClassCastException`
- si deve cercare di evitare i downcast, perché aggirano il type checking svolto dal compilatore
- a tale scopo, i tipi parametrici introdotti da Java 1.5 possono aiutare
- se proprio si deve usare un downcast, esso andrebbe preceduto da un controllo `instanceof`, che assicuri la correttezza della conversione

3) se nessuno dei due è sottotipo dell'altro...vedere la prossima slide

- Consideriamo un cast dal tipo A al tipo B, ovvero:

A a = ...

B b = (B) a;

- Supponiamo che A e B non siano legati dalla relazione di sottotipo (un *sidecast*)
- Se nessuna tra A e B è un'interfaccia, il cast dà errore di compilazione
- Perché è impossibile che abbia successo a runtime!
- Non esistono oggetti che sono sottotipi di A e B simultaneamente
- Si ricordi che una classe non può estendere simultaneamente due classi diverse
- Se almeno una tra A e B è un'interfaccia, il cast è lecito in compilazione
- A runtime, può avere successo o fallire

Sapendo che sia la classe C sia la classe B estendono A, effettuare il type checking del seguente codice, evidenziando:

- errori di tipo
- cast non validi (errori di compilazione)
- cast validi ma potenzialmente pericolosi al run-time

```
boolean f(A a, B b) {  
    C c = (C) a;  
    A a1 = (A) b;  
    Object o = a;  
    A[] arr = new A[10];  
    arr[5] = (Object) a;  
    arr[6] = b;  
    return a == c;  
}
```

I tipi Wrapper

- Per ogni tipo base, Java offre una corrispondente classe, che ingloba (*wraps*) un valore di quel tipo in un oggetto
- Queste classi, dette appunto wrapper, servono a trattare i valori base come se fossero oggetti
 - ad esempio, per inserirli nelle strutture dati offerte dalla Java Collection Framework (vedi lezioni seguenti)
- Le classi wrapper sono:
 - Byte, Short, Integer, Long, Float, Double
 - Boolean
 - Character
 - Void
- Come si vede, sono tutte omonime del rispettivo tipo base, tranne Integer, Character, e Void (perché formalmente void non è un tipo base)

Caratteristiche base delle classi wrapper

- Tutte le classi wrapper sono **immutabili** e **final** (come le stringhe)
I
- **Immutable:** non è possibile modificare il contenuto di un oggetto
- **Final:** non è possibile creare sottoclassi

Conversione da valore primitivo a oggetto

I

- Ogni classe wrapper ha un metodo statico **valueOf** che prende come argomento un valore del tipo base corrispondente alla classe e restituisce un oggetto wrapper che lo ingloba
- Esempio:

```
Integer n = Integer.valueOf(3);  
Double x = Double.valueOf(3.1415);
```
- Perché un metodo statico invece di un costruttore?
- A differenza di un costruttore, l'oggetto restituito da `valueOf` *non è necessariamente nuovo*
 - ovvero, il metodo `valueOf` cerca di riciclare gli oggetti già creati (*caching*)
 - questo non è un problema, perché gli oggetti wrapper sono immutabili

- Le sei classi wrapper relative ai tipi numerici estendono la **classe astratta Number**
- La classe Number prevede sei metodi, che estraggono il valore contenuto, convertendolo nel tipo base desiderato

public byte	byteValue()
public short	shortValue()
public int	intValue()
public long	longValue()
public float	floatValue()
public double	doubleValue()

- Se un oggetto wrapper viene convertito in un valore base verso il quale non c'è una conversione implicita (ad es., da double a int), l'effetto sarà lo stesso di quello di un cast

- Fino alla versione 1.4 di Java, era necessario convertire esplicitamente i valori dei tipi base in oggetti e viceversa
- A partire dalla versione 1.5, questo procedimento è stato automatizzato, introducendo l'**autoboxing** e l'**auto-unboxing**
- Grazie a queste funzionalità, il **compilatore** si occupa di inserire le istruzioni di conversione laddove queste siano necessarie

- Ad esempio, l'istruzione

```
Integer n = 7;
```

viene convertita in:

```
Integer n = Integer.valueOf(7);
```

- Allo stesso modo, le istruzioni:

```
Integer n = 7;
```

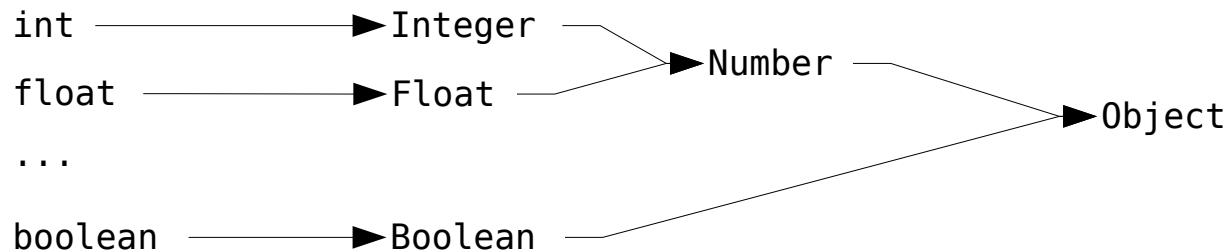
```
Integer i = n + 7;
```

vengono convertite in:

```
Integer n = Integer.valueOf(7);
```

```
Integer i = Integer.valueOf(n.intValue() + 7);
```

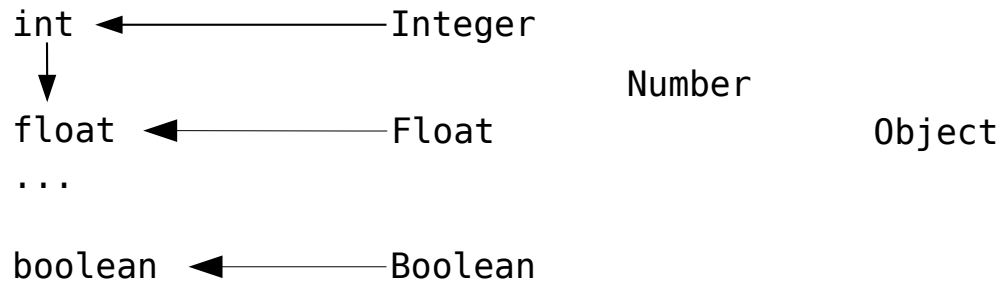
- L'autoboxing può convertire un'espressione di tipo primitivo in un oggetto del tipo wrapper corrispondente, o di un suo supertipo
- Quindi, l'autoboxing può effettuare le seguenti trasformazioni:



- L'autoboxing *non* prende in considerazione le conversioni implicite
- Ad esempio, ciascuna delle seguenti istruzioni provoca un **errore di compilazione**, perché oltre all'autoboxing richiederebbe anche una conversione implicita di tipo (promozione):

```
Double x = 1;  
Double y = 1.0f;  
Integer n = (byte) 1;
```


- L'auto-unboxing può essere seguito da una promozione



- Ad esempio, le seguenti istruzioni sono corrette:

```
Integer i = 7;      // autoboxing
double d = i;      // auto-unboxing seguito da promozione
```

- L'auto-unboxing di un'espressione che a runtime risulta **null** comporta il lancio di un'eccezione (verificata o non verificata?)

- L'operatore "==" può dare risultati sorprendenti se applicato ai tipi wrapper
- Infatti, è facile dimenticare che si tratta di un **confronto tra riferimenti**, come per tutti gli oggetti
- Ad esempio:

```
Integer a = new Integer(7), b = new Integer(7);  
System.out.println(a==b); // false, sono oggetti diversi
```

```
Integer a = 7, b = 7;  
System.out.println(a==b); // true, perché viene chiamato il metodo statico valueOf,  
                           che riutilizza gli oggetti corrispondenti a valori piccoli
```

```
Integer a = 700, b = 700;  
System.out.println(a==b); // false, perché il metodo valueOf riutilizza soltanto  
                           gli interi compresi tra -127 e 127
```

- Morale: confrontare i tipi wrapper con **equals** e non con "=="