Tipi di dato, variabili ed espressioni

Emilio Di Giacomo e Walter Didimo

Richiami generali

- tipo di dato: specifico dominio di valori; le due principali categorie sono:
  - tipi primitivi: dati di tipo numerico, caratteri, boolean
  - tipi riferimento: riferimenti ad oggetti

- variabile: contenitore che può memorizzare valori di uno specifico tipo di dato, detto tipo della variabile

- espressione: costrutto del linguaggio al quale rimane associato un valore di uno specifico tipo di dato, detto tipo dell'espressione

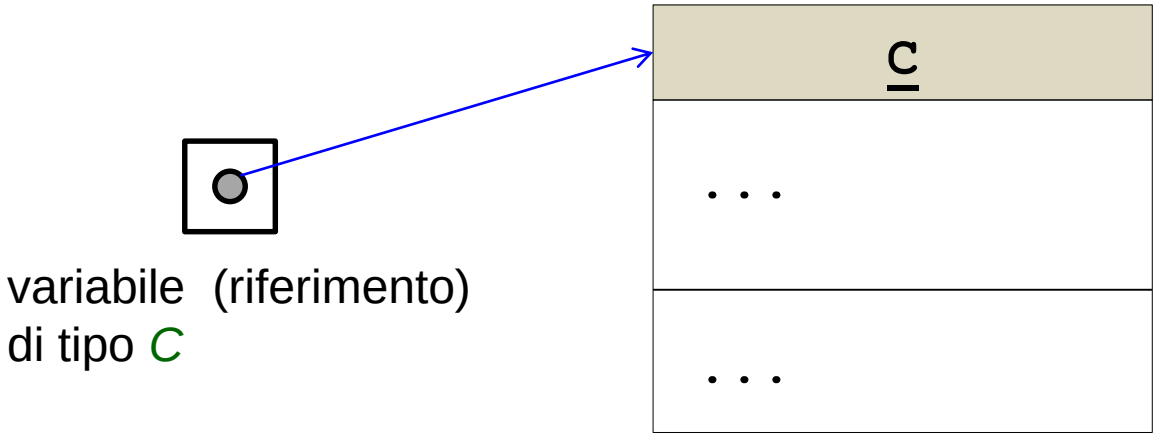
Tipi riferimento

- I tipi riferimento sono associati alle classi:
  - ovunque venga definita una classe *C*, resta automaticamente definito il tipo riferimento *C*
  - l'insieme dei valori di tipo *C* sono i possibili riferimenti ad oggetti di tipo *C*

- Ad esempio, definendo una classe di nome *Rettangolo*, definisco implicitamente il tipo riferimento *Rettangolo*
  - i valori di tipo *Rettangolo* sono i riferimenti ad oggetti della classe *Rettangolo*

Variabili riferimento

- Una variabile (riferimento) di tipo *C* può memorizzare soltanto riferimenti ad oggetti della classe *C*



- Sintassi per definire una variabile riferimento di tipo *C*

C <nome variabile>

Il letterale null

- In realtà una variabile riferimento può anche memorizzare il valore *null*
  - *null* è una parola chiave del linguaggio Java, che indica un valore riferimento costante (letterale), il valore nullo
  - quando una variabile riferimento non referenzia alcun oggetto, può essere utile assegnarle il valore *null*

Espressioni riferimento

- Ad una espressione riferimento di tipo *C* rimane associato un riferimento di tipo *C*
  - le variabili di tipo *C* e il letterale *null* sono espressioni elementari di tipo *C*
  - Altre espressioni riferimento di tipo *C* sono:
    - istruzioni di creazione di oggetti di tipo *C*
    - invocazioni di metodi che restituiscono un riferimento di tipo *C*

Assegnazioni a variabili

- Ad una variabile *var* di tipo *C* si può assegnare il valore di una espressione <*esp*> di tipo *C*:

  var = <*esp*>

- La stessa istruzione *var* = <*esp*> è una espressione di tipo *C*, il cui valore associato è lo stesso memorizzato in *var*

Invocazione di metodi

- Se *<esp>* è una espressione di tipo *C*, si può invocare un metodo di istanza di *C* con la sintassi:

  <esp>.<nome metodo> (<parametri>)

- Se *<esp>* ha valore *null* viene generato un errore di esecuzione chiamato: *NullPointerException*

Tipi primitivi

- I tipi primitivi in Java sono un insieme predefinito e non estendibile, e modellano tipi di dati particolarmente frequenti in ogni programma

TIPO PRIMITIVO	DOMINIO VALORI	NUMERO BIT
`byte`	numeri interi nell'intervallo $[-2^7, 2^7 - 1]$	8
`short`	numeri interi nell'intervallo $[-2^{15}, 2^{15} - 1]$	16
`int`	numeri interi nell'intervallo $[-2^{31}, 2^{31} - 1]$	32
`long`	numeri interi nell'intervallo $[-2^{63}, 2^{63} - 1]$	64
`float`	numeri reali tra $\approx 1,4 \cdot 10^{-45}$ e $\approx 3,40 \cdot 10^{38}$	32
`double`	numeri reali tra $\approx 4,9 \cdot 10^{-324}$ e $\approx 1,80 \cdot 10^{308}$	64
`char`	caratteri dell'alfabeto Unicode	16
`boolean`	{true, false}	8

Definizione di variabili primitive

- Le variabili primitive si definiscono allo stesso modo di quelle riferimento; ad esempio, per definire una variabile di tipo *long* e di nome *interoGrande*, basta scrivere:

long interoGrande;

- Lo spazio di memoria riservato ad una variabile primitiva è utilizzato direttamente per memorizzarvi i valori

Espressioni intere e letterali

- Le espressioni intere hanno valori di tipo *byte*, *short*, *int* o *long.*
- Le più semplici espressioni intere sono i letterali interi (costanti intere)
  - ogni numero in base 10 viene automaticamente considerato come una espressione di tipo *int*
  - se però un letterale è assegnato ad una variabile *byte* o *short* che può effettivamente contenerlo, allora è considerato espressione di tipo *byte* o *short*
  - una costante terminata da una *l* o *L* viene considerata espressione di tipo *long*
  - I prefissi 0 o 0x indicano costanti in base 8 o 16

Esempi di letterali interi

- *15* espressione *int* che vale15
- *15L* espressione *long* che vale 15
- *017* espressione *int* (in ottale) che vale 15
- *0xF* espressione *int* (in esadecimale) che vale 15

- *short a =* *15* espressione *short*

Operatori aritmetici di base

- I letterali e le variabili intere sono espressioni elementari; Java offre degli operatori aritmetici che consentono di comporre espressioni complesse
- Gli operatori aritmetici di base più comuni sono:
  - `+` somma
  - `-` sottrazione
  - `*` moltiplicazione
  - `/` divisione intera (tronca la parte decimale)
  - `%` resto della divisione intera

Regole e precedenze

- Gli operatori aritmetici +, -, * funzionano con le classiche regole dell'algebra
- L'espressione *x / y* vale il quoziente della divisione tra *x* ed *y* (es. *10/3* vale *3*)
- Gli operatori *, / hanno precedenza rispetto a +,-
- Gli operatori + e - si possono anche usare come operatori unari (in particolare l'espressione *-a* inverte il segno di *a*)

L’operatore resto

- *x % y* vale il resto della divisione intera tra *x* e *y*
  - ad esempio *10%3* vale *1*
- Più formalmente, deve valere l’equazione:
  *x % y = x – (x/y) * y*
- Quindi ad esempio:

  11 % -5 vale *1*

  -11 % 5 vale *-1*

  -11 % -5 vale *-1*
- L’operatore *%* ha la stessa precedenza di * e /

Parentesi

- Si possono usare parentesi per forzare le regole di precedenza degli operatori
  - si possono usare solo parentesi tonde, con un livello qualunque di annidamento

- Ad esempio, la seguente espressione vale *10*

*((5-2)*7)%3+10/(4-3)*

Ancora sul tipo delle espressioni intere

- Ogni espressione intera che fa uso di operatori viene considerata come espressione:
  - di tipo *int*, se non contiene operandi *long*
  - di tipo *long*, se contiene operandi *long* (ad esempio *5 + 5L* è una espressione di tipo *long*)

- *Osservazione*: Se *a* e *b* sono variabili *short*, l'espressione *a+b* è di tipo *int* !!

Assegnazioni di espressioni intere

- Per assegnare il valore di una espressione intera *<esp>* ad una variabile intera *var* dello stesso tipo, basta scrivere

  var = <esp>

- In alcuni casi è anche possibile assegnare espressioni di un certo tipo intero a variabili intere di tipo diverso – analizzeremo più avanti questi casi

Un caso importante

- Sia *a* una variabile intera; considera il seguente frammento di codice:

  a = 12;

  a = a + 5;

- Quanto vale *a* una volta eseguito questo codice?
  - Per eseguire l'istruzione *a = a + 5* si valuta prima il valore dell'espressione a destra di = (in questo caso il valore è *17*)
  - Il valore dell'espressione è dunque assegnato ad *a*, sovrascrivendo il precedente valore

Operatori di assegnazione composta

- Istruzioni che incrementano e decrementano il valore di una variabile intera sono molto frequenti
- Per semplificare queste istruzioni, si possono usare gli operatori di assegnazione composta

ESPRESSIONE	ESPRESSIONE EQUIVALENTE
`a = a+b`	`a += b`
`a = a-b`	`a -= b`
`a = a*b`	`a *= b`
`a = a/b`	`a /= b`
`a = a%b`	`a %= b`

Operatori di incremento e decremento

- In particolare per incrementi e decrementi di una unità, si possono usare i così detti operatori di incremento e decremento

ESPRESSIONE	ESP. EQUIVALENTE	ESP. EQUIVALENTE	ESP. EQUIVALENTE
`a = a+1`	`a += 1`	`a++`	`++a`
`a = a-1`	`a -= 1`	`a--`	`--a`

forma postfissa

forma prefissa

- ++ e -- hanno precedenza rispetto agli altri operatori aritmetici

Operatori di incremento e decremento

- L'esecuzione delle istruzioni *a++* e *++a* produce lo stesso effetto sul valore di *a*; ma le due forme possono produrre effetti diversi se usate in espressioni più ampie:

```
int a = 3;
int b = 2 + a++
```

al termine *a* vale *4*
e *b* vale *5*

```
int a = 3;
int b = 2 + ++a
```

al termine *a* vale *4*
e *b* vale *6*

Overflow

- l'overflow è una condizione che si verifica quando assegno ad una variabile intera una espressione dello stesso tipo il cui valore eccede la capacità della variabile stessa
- Ad esempio, se assegno ad una variabile *int* l'espressione *2147483647 + 1* cosa accade? (ricordiamo che *2147483647* è il massimo valore *int*)
  - non vengono segnalati errori, ma viene assegnato alla variabile un valore errato (nel caso specifico il valore -2^{31} cioè *-2147483648*)

Overflow: motivo

- La rappresentazione del dato *int* è su 32 bit; sommando *1* alla rappresentazione binaria di *2147483647* si ottiene un riporto, che si propaga fino alla cifra più significativa

$2^{31}-1$: 01111111 11111111 11111111 11111111 +
1: 00000000 00000000 00000000 00000001

-2^{31}: 10000000 00000000 00000000 00000000

Operatori di manipolazione dei bit

- Java offre operatori di manipolazione dei bit di un numero intero:
  - questi operatori consentono di far scorrere i bit a sinistra o a destra, di invertire il valore di ogni bit e di operare in modo logico tra bit della stessa posizione in numeri diversi
- Si veda il Capitolo 6 del libro di riferimento per dettagli in merito a questi tipi di operatori

Espressioni in virgola mobile

- Le espressioni in virgola mobile sono di tipo *double* o *float*
- I letterali *double* sono costanti numeriche con virgola, espresse usando il "." come separatore tra cifre intere e decimali; si può anche usare la notazione scientifica *xEy*, equivalente a $x10^y$
- Esempio di letterali *double* equivalenti:

  1.23 *0.00123E3* *12.3E-1*

- Si può anche esplicitare un letterale *double*, mettendo il suffisso *d* o *D* al termine del numero
- Una costante numerica con virgola sarà considerata letterale *float* solo se specificato con il suffisso *f* o *F* (esempio *1.23F*)

Osservazione sui letterali numerici

- Uno stesso valore costante può essere rappresentato con diversi letterali numerici:
  - se scrivo *53* indico un letterale *int*, che sarà rappresentato con 32 bit
  - se scrivo 53.0 oppure 53D indico un letterale *double*, che sarà rappresentato con 64 bit
  - se scrivo *53F* indico un letterale *float*, che sarà rappresentato con 32 bit

Operatori per espressioni con virgola

- Valgono tutti gli operatori usati per le espressioni intere, tranne quelli di manipolazione dei bit

- L'effetto dell'operatore dipenderà dagli operandi:
  - *15/2* è una espressione intera che vale *7*
  - *15.0/2.0* è una espressione con virgola che vale *7.5*
- Se *x* ed *y* sono numeri con virgola, l'espressione *x % y* vale *x – n*y*, dove *n* è il numero di volte per il quale *y* sta interamente in *x*
  - l'espressione *5.0%2.5* vale *0*
  - l'espressione *5.0%2.4* vale *0.2*

Espressioni numeriche miste

- E' possibile definire espressioni con operandi numerici di tipo misto, cioè alcuni interi e altri con virgola; il tipo di una espressione mista è quello con dominio più ampio tra quelli coinvolti:
  - *7/2.0* è una espressione *double* di valore *3.5*
  - *7/2 * 3.0* è una espressione *double* di valore *9.0;* infatti, viene prima valutata la sottoespressione *7/2*, che è di tipo *int* e vale *3*; poi viene valutata *3 * 3.0*, che è di tipo *double* e vale *9.0*.

Overflow e Underflow

- Quando il valore assoluto di una espressione in virgola mobile è troppo alto si parla di overflow (verso $+\infty$ o $-\infty$); se è troppo basso si parla di underflow (verso *+0.0* o *-0.0*)
- Java introduce i valori *Infinity* e *-Infinity* per indicare $+\infty$ e $-\infty$ (vedremo poi come richiamarli)
  - ad esempio, la seguente istruzione genera un overflow verso $-\infty$ e stampa a video *-Infinity*:

    *System.out.print (-1.0E+300*1.0E+300);*
  - Invece questa istruzione stampa -0.0 per via di un underflow: *System.out.print (-1.0E-300*1.0E-300);*

Forme indeterminate

- In Java anche una espressione del tipo *1.0/0* varrebbe *Infinity* (in altri linguaggi potrebbe causare un errore del tipo “Division By Zero”)

- In presenza di una espressione in virgola mobile che contiene una forma indeterminata (es. *0.0/0*) il valore associato all’espressione è *NaN* (Not a Number)

Espressioni di tipo char

- Ad una espressione di tipo *char* rimane associato un carattere dell'alfabeto Unicode
- I letterali *char* sono i singoli caratteri Unicode, e si possono esprimere in uno dei seguenti modi:
  - mettendo il carattere tra *apici singoli* (es. *'a'*)
  - tramite una sequenza di escape della forma '*\uxxxx*', dove *xxxx* indica la posizione del carattere nella tabella Unicode, in esadecimale (es. *'\u0061'* indica il carattere di posizione 97, cioè il carattere *'a'*)
  - alcune sequenze di escape indicano caratteri frequenti ma non "visibili" (es. *'\n'* per l'invio, *'\t'* per il tab, ..)

Operatori tra char

- E' possibile formare espressioni *char* più complesse, combinando gli operatori aritmetici
  - l'operatore agisce tra i numeri di posizione dei caratteri coinvolti
  - ad esempio il frammento seguente stampa a video il carattere che occupa la posizione *97*; infatti, *'0'* and *'1'* occupano le posizioni *48* e *49*, rispettivamente

```
char c = '0' + '1';
System.out.print (c);
```

  - Le espressioni di tipo *char* sono in realtà espressioni di tipo *int*; questo può portare a problemi di assegnamento di una espressione *char* ad una variabile di tipo *char* (lo vedremo dopo)

Conversioni tra tipi di dati

- E' possibile assegnare ad una variabile di tipo t_1 un valore di tipo t_2?
- In generale è consentito in tutti i casi in cui il dominio di valori di t_2 è contenuto in quello di t_1
- Ad esempio il seguente codice è legittimo:

```
short a = 255;
int b = a;
```

- In tal caso avviene una così detta conversione implicita (o cast implicito): dal valore dell'espressione di tipo t_2 viene ricavato un valore equivalente, rappresentato con numero di bit di t_1, che viene poi assegnato alla variabile

Perdita di precisione

- Invece il seguente codice non verrebbe compilato

```
int a = 255;
short b = a;
```

poiché assegnare un valore *int* ad una variabile *short* può causare una perdita di precisione (i bit in eccesso vengono troncati); viene generato l'errore ".. *possible loss of precision*"

Conversione esplicita

- Si può tuttavia forzare un'operazione di assegnazione che può causare perdita di precisione, attraverso un operatore Java chiamato operatore di cast
- L'operatore va posto davanti al valore da convertire, ed ha la forma *(t)*, dove *t* è il tipo verso il quale si vuole effettuare la conversione; nel precedente esempio si può scrivere:

```
int a = 255;
short b = (short)a;
```

- Se il valore convertito è al di fuori del dominio di valori del tipo *t*, avverrà tuttavia una perdita di precisione (in particolare, convertire un numero in virgola mobile in un intero causa il troncamento della parte decimale)
- L'operatore di cast ha precedenza rispetto a quelli visti fino qui

Conversione esplicita e char

- Ricordiamo che il tipo *char* è a tutti gli effetti assimilabile ad un tipo numerico, che usa 16 bit per codificare numeri *non negativi* nell'intervallo [0, 2^{16} - 1]
- Ne segue che:
  - è necessario usare l'operatore di cast per assegnare valori interi con segno (*byte, short, int* o *long*) ad una variabile *char*
  - è necessario usare l'operatore di cast per assegnare un *char* ad una variabile *short* o *byte*, perché il dominio positivo dei *char* è più ampio di quello di *short* o di *byte*
  - si può assegnare un *char*, senza conversione esplicita, ad una variabile *int*, *long*, *float* o *double*

Ulteriori osservazioni sui char

- Il seguente codice non è valido:

  char c1 = ‘a’;

  char c2 = ‘b’;

  char c3 = c1+c2;

  perché l’espressione *c1+c2* è di tipo *int;* occore dunque scrivere:

  char c1 = ‘a’;

  char c2 = ‘b’;

  char c3 = (char)(c1+c2);

- Invece si può assegnare ad una variabile *char* il valore di una espressione composta soltanto da letterali *char*

Ulteriori osservazioni sui char

- Se *c* è una variabile *char* è consentito scrivere *c++*
- Se *c* è una variabile *char* non è consentito scrivere *c = c+1,* perché *c+1* è una espressione *int*
- Si può invece scrivere *c = (char)(c+1)*

Il tipo boolean

- Il tipo *boolean* è forse quello maggiormente utilizzato nella gran parte dei programmi, perché consente di verificare la veridicità o la falsità di certe condizioni durante l'esecuzione del programma
- Il nome *boolean* è in onore del matematico britannico George Boole (1815 - 1864), ideatore dell'algebra che porta il suo nome (algebra booleana)
- Poiché un valore *boolean* può essere solo *true* o *false*, in linea teorica è sufficiente un solo bit per la rappresentazione di questo dato; per questioni di ordine pratico però, Java usa 8 bit (1 byte)

Espressioni di tipo boolean

- Una espressione *boolean* viene anche chiamata predicato: i letterali *true* o *false* sono i predicati più elementari
- E' possibile costruire predicati più complessi attraverso l'uso di due tipi di operatori:
  - operatori logici: operano tra valori *boolean* e restituiscono un valore *boolean*
  - operatori relazionali: operano tra valori numerici (inclusi i *char*) e restituiscono un valore *boolean*

Operatori logici

- Gli operatori logici in Java sono i seguenti:
  - *&&* AND logico
  - || OR logico (inclusivo)
  - ^ OR logico esclusivo (XOR)
  - *!* NOT (negazione)
- I primi tre sono operatori binari, mentre il NOT è un operatore unario
- L'operatore NOT ha precedenza rispetto agli altri e l'operatore AND ha precedenza rispetto agli OR

Operatori logici: semantica

- Ecco la tavola di verità degli operatori logici binari

a	b	a && b	a || b	a ^ b
false	false	false	false	false
false	true	false	true	true
true	false	false	true	true
true	true	true	true	false

- Ecco la tavola di verità del NOT

a	!a
false	true
true	false

Operatori logici: precedenze

- L'operatore NOT ha precedenza rispetto agli altri e l'operatore AND ha precedenza rispetto agli OR
- E' possibile usare parentesi per forzare le regole di precedenze (come nelle espressioni numeriche)
- Nelle espressioni *a && b* oppure *a || b*, la JVM valuta il secondo operando solo se necessario
  - cioè a meno che il valore del primo non sia già sufficiente a dedurre il risultato dell'espressione

Operatori logici: esempio

```
import fond.io.*;

public class TestEspressioniBoolean{
  /* Calcola il valore di una espressione boolean
     con variabili di valore assegnato dall'utente
  */
  public static void main(String[] args){
    InputWindow in = new InputWindow();
    boolean a = in.readBoolean("Inserire un valore
                                    true/false per a");
    boolean b = in.readBoolean("Inserire un valore
                                    true/false per b");
    boolean c = (a || !b) && !a;
    OutputWindow out = new OutputWindow();
    out.write("(a || !b) && !a = ");
    out.writeln(c);
  }
}
```

In quali casi verrà stampato *true*?

Leggi di De Morgan

- Le leggi di De Morgan (o teoremi di De Morgan) permettono di esprimere una espressione con AND sotto forma di una espressione con OR, e viceversa

  - *!(a && b) ⇔ (!a || !b)*
  - *!(a || b) ⇔ !a && !b*

- Quindi, in altra forma:

  - *(a && b) ⇔ !(!a || !b)*
  - *(a || b) ⇔ !(!a && !b)*

Operatori relazionali

- Gli operatori relazionali Java sono i seguenti:
  - == uguale a
  - *!*= diverso da
  - > maggiore di
  - < minore di
  - >= maggiore o uguale a
  - <= minore o uguale a

- Sono tutti operatori binari che hanno lo stesso valore che gli si attribuisce nella matematica

Operatori relazionali: esempi

- Ecco alcuni esempi di semplici espressioni *boolean* che usano operatori relazionali

ESPRESSIONE	VALORE
`10>5`	`true`
`10.0<5.0`	`false`
`10.0==10`	`true`
`5<=6`	`true`
`7.4!=7.41`	`true`
`'a'>'z'`	`false`
`'a'>'Z'`	`true`
`'a'>'5'`	`true`

Operatori relazionali e riferimenti

- Gli operatori relazionali == e *!=* possono anche essere usati per confrontare riferimenti tra oggetti
  - Se *a* e *b* sono variabili riferimento di tipo *C*, l'espressione *a == b* vale *true* se e solo se *a* e *b* referenziano lo stesso oggetto
  - Viceversa, *a != b* vale *true* se e solo se *a* e *b* referenziano oggetti diversi

Espressioni boolean complesse

- E' possibile costruire espressioni *boolean* complesse, combinando operatori logici e relazionali (i secondi hanno precedenza sui primi, ma si possono usare le parentesi per forzare le precedenze)

  - *Esempio*: se *num* è una variabile numerica, la condizione che *num* cada nell'intervallo [-7, 7] oppure nell'intervallo (10, 14), si può scrivere come:
    (num >= -7) && (num <= 7) || *(num > 10) && (num <14)*

  - *Esempio*: se *num* è una variabile numerica, la condizione che *num* sia pari e diverso da zero si può scrivere come:
    num % 2 == 0 && num != 0

Le costanti in Java

- Oltre alla variabili, in Java si possono definire dei contenitori chiamati costanti
- Una costante è come una variabile alla quale però può essere dato *un solo valore durante tutto il suo ciclo di vita*
  - il valore di una costante è tipicamente assegnato contestualmente alla sua dichiarazione
- Una costante viene dichiarata come una variabile (tipo + nome), ma la dichiarazione è preceduta dalla parola chiave final

Costanti: un esempio

```
import fond.io.*;

public class CalcoloMisureCerchio{
  /* Calcola l'area e il perimetro di un cerchio di raggio inserito
     dall'utente */

   public static void main(String[] args){
    InputWindow in = new InputWindow();
    double r = in.readDouble("Inserire il raggio");
    final double PIGRECO = 3.14159; // costante
    double area = r*r*PIGRECO;
    double perimetro = 2*r*PIGRECO;
    OutputWindow out = new OutputWindow();
    out.write("Area del cerchio = ");
    out.writeln(area);
    out.write("Perimetro del cerchio = ");
    out.writeln(perimetro);
  }
}
```

L’importanza di usare costanti

- Ovviamente è possibile fare a meno delle costanti, usando direttamente i letterali nel codice
  - nell’esempio precedente potevamo scrivere direttamente *3.14159* ovunque usavamo *PIGRECO*

- Tuttavia, usare le costanti consente di modificare in modo minimale il codice in caso di modifica dei valori costanti usati nel codice
  - usare direttamente i letterali può comportare modifiche multiple nel codice

Perché i tipi primitivi?

- Java nasce con l'intento di trattare ogni dato come se fosse un oggetto; tuttavia i tipi primitivi fanno eccezione

- In linea teorica nulla vieterebbe di trattare come classi i tipi di dati primitivi

- I tipi primitivi sono stati introdotti perché è più efficiente (sia in termini di tempo che di memoria) manipolarli rispetto agli oggetti

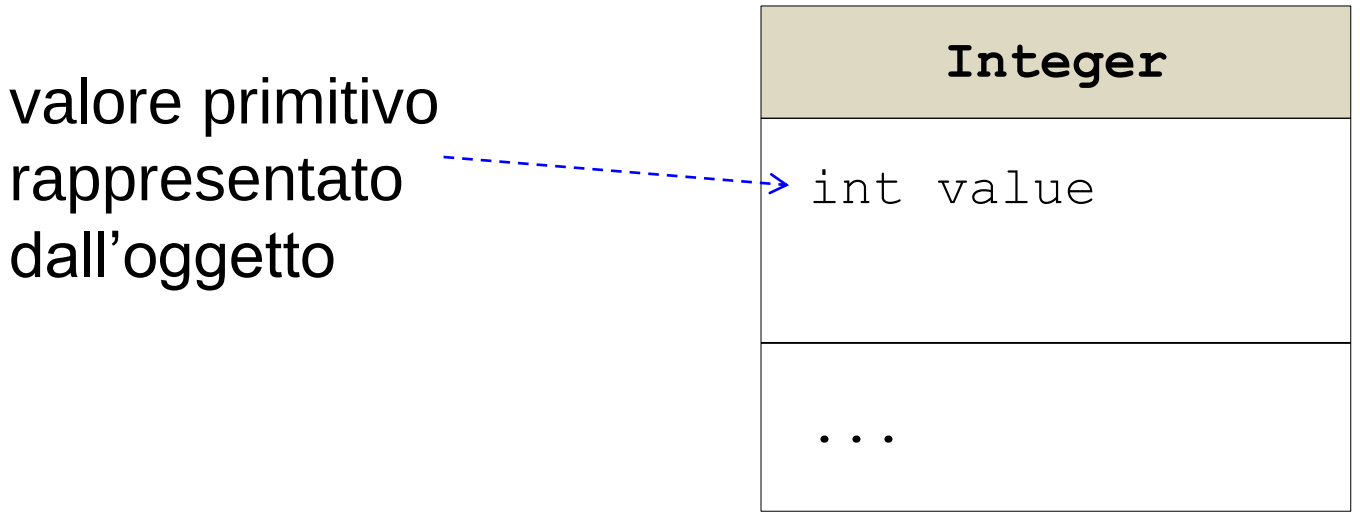
Le classi wrapper

- Nel package *java.lang* vengono fornite delle classi che rappresentano le tipologie di dati riconducibili a dati primitivi; tali classi si chiamano classi wrapper (classi involucro)

- Per ogni tipo primitivo *t* esiste una classe wrapper che rappresenta *t*: le classi *Byte, Short, Integer, Long, Float, Double, Character, Boolean* modellano oggetti che rappresentano rispettivamente valori primitivi di tipo *byte, short, int, long, float, double, char, boolean*

Struttura di un oggetto wrapper

- Un oggetto di una classe wrapper ha una struttura molto semplice; esso “incarta” (cioè mantiene in memoria) il valore primitivo da rappresentare, che costituisce dunque il suo stato



Immutabilità degli oggetti wrapper

- Ogni oggetto wrapper in Java è immutabile, cioè il suo stato non può essere cambiato (non esistono metodi pubblici per farlo); questo significa che una volta creato l'oggetto, il valore primitivo che esso rappresenta non può essere cambiato

Creazione di oggetti wrapper

- Nel seguito indichiamo genericamente con *W* il nome di una classe wrapper e con *w* il tipo primitivo corrispondente

- Un oggetto di tipo *W* può essere creato con un costruttore al quale si specifica il valore di tipo *w* che esso rappresenterà

  new Integer (100);

- Ad eccezione di *Character*, si può anche usare un costruttore al quale passare il valore primitivo descritto come stringa

  new Integer (“100”);

Metodi delle classi wrapper

- Il metodo di istanza *wValue()* restituisce il valore primitivo incartato da un oggetto di tipo *W*

```
Integer ogg = new Integer (100);
int a = ogg.intValue();
```

ad *a* viene assegnato
il valore 100

Metodi delle classi wrapper

- Ogni classe wrapper *W*, tranne *Character*, ha un metodo di classe *valueOf (String s)* che restituisce un oggetto di tipo *W* che incarta il valore primitivo *w* descritto da *s*

Integer.valueOf (“100”); ⇐---------- restituisce un oggetto *Integer* che incarta il valore 100

- Ogni classe wrapper *W*, tranne *Character*, ha un metodo di classe *parseX(String s)* che restituisce il valore primitivo *w* descritto da *s* (*X* $\in$ *{Int, Double, Boolean,…}*)

Integer.parseInt (“100”);⇐---------- restituisce il valore 100

Costanti nelle classi wrapper

- All'interno di ogni classe wrapper *W* sono definite alcune utili costanti statiche:
  - *MIN_VALUE* e *MAX_VALUE* indicano il minimo e il massimo valore di tipo *w* (ad esempio *Integer.MIN_VALUE* vale -2^{31} e *Integer.MAX_VALUE* vale $2^{31}-1$;
  - *Double.NEGATIVE_INFINITY* e *Double.POSITIVE_INFINITY* indicano i "valori" $-\infty$ e $+\infty$ mentre *Double.NaN* rappresenta una forma indeterminata;
  - esistono analoghe costanti nella classe *Float*

Autoboxing

- l'importanza delle classi wrapper è anche legata all'esigenza di poter creare collezioni di dati primitivi che possano essere manipolati come fossero degli oggetti (lo vedremo più avanti nel corso)
- Per agevolare il passaggio da un dato di tipo *W* ad un dato di tipo primitivo *w* e viceversa, le recenti versioni di Java adottano dei meccanismi automatici di conversione implicita, chiamati autoboxing
- Si può ad esempio scrivere:
  - *int i = ogg* dove *ogg* è un *Integer* (unboxing);
  - *Integer ogg = 100* (inboxing);

La classe Math

- Gli operatori matematici di base per i tipi primitivi non sono sempre sufficienti per effettuare calcoli matematici complessi
- Nel package *java.lang* è definita la classe *Math,* che non dispone di costruttori pubblici e che offre soltanto metodi pubblici statici
  - ogni metodo statico è finalizzato al calcolo di una qualche specifica funzione matematica

La classe Math: alcuni metodi

- La tabella seguente elenca alcuni dei metodo statici della classe *Math*

PROTOTIPO DEL METODO	VALORE RESTITUITO
`double abs(double a)`	valore assoluto di `a`
`double sqrt(double a)`	radice quadrata di `a`
`double pow(double a, double b)`	valore della potenza a^b
`double sin(double a)`	seno dell'angolo `a` (in radianti)
`double cos(double a)`	coseno dell'angolo `a` (in radianti)
`double tan(double a)`	tangente dell'angolo `a` (in radianti)
`double log(double a)`	logaritmo in base e di `a`
`double log10(double a)`	logaritmo in base 10 di `a`

La classe Math: costanti

- Nella classe *Math* sono inoltre definite alcuni costanti notevoli:
  - *Math.PI* il valore di π, con la migliore approssimazione possibile sotto forma di *double*
  - *Math.E* la costante *e*, cioè il numero di Nepero

La classe Math: esempio 1

```
import fond.io.*;

public class CalcoloMisureCerchio1{
  /* Calcola l'area e il perimetro di un cerchio di raggio inserito
     dall'utente, facendo uso della classe Math */

  public static void main(String[] args){
    InputWindow in = new InputWindow();
    double r = in.readDouble("Inserire il raggio");
    double area = Math.pow(r, 2)*Math.PI;
    double perimetro = 2*r*Math.PI;
    OutputWindow out = new OutputWindow();
    out.write("Area del cerchio = ");
    out.writeln(area);
    out.write("Perimetro del cerchio = ");
    out.writeln(perimetro);
  }
}
```

La classe Math: esempio 2

```
import fond.io.*;

public class CalcoloDistanzaPunti{
  /* Calcola la distanza tra due punti del piano
     p1=(x1,x2) e p2=(x2,y2) */

  public static void main(String[] args){
    InputWindow in = new InputWindow();
    double x1 = in.readDouble("Punto 1: coordinata x?");
    double y1 = in.readDouble("Punto 1: coordinata y?");
    double x2 = in.readDouble("Punto 2: coordinata x?");
    double y2 = in.readDouble("Punto 2: coordinata y?");
    double d; // distanza tra p1 e p2
    d = Math.sqrt(Math.pow(x1-x2, 2)+Math.pow(y1-y2, 2));
    OutputWindow out = new OutputWindow();
    out.write("Distanza = ");
    out.writeln(d);
  }
}
```

La classe String

- Abbiamo detto che gli oggetti di tipo *String* rappresentano sequenze di caratteri (cioè sequenze di valori *char*)
  - gli oggetti *String* sono usati molto di frequente, così come i tipi primitivi
  - la classe *String* gode di alcune peculiarità che la accomunano ai tipi primitivi

- La stringa rappresentata da un oggetto *String* costituisce lo stato dell'oggetto, e verrà anche chiamata valore dell'oggetto *String*
- Così come gli oggetti wrapper, anche gli oggetti *String* sono immutabili

Creazione di oggetti String: letterali

- Sappiamo che un letterale stringa costituisce di fatto un oggetto della classe *String*; si può ad esempio scrivere la seguente istruzione

String str = “ciao mondo!”;

- Nella variabile *str* viene memorizzato il riferimento all’oggetto definito usando il letterale *“ciao mondo!”*
- Ad un letterale stringa rimane associato un solo oggetto!
- La stringa senza caratteri *“”* si chiama anche stringa vuota

Creazione di oggetti String con new

- Come per ogni altra classe, è possibile istanziare oggetti di tipo *String* anche usando l'operatore *new*
- In particolare, il costruttore pubblico *String (String s)* permette di creare un oggetto *String* come copia di quello passato come parametro

  String str = new String("ciao mondo");

- A differenza dei letterali, l'uso dell'operatore *new* dà sempre luogo alla creazione di un oggetto *String* differente

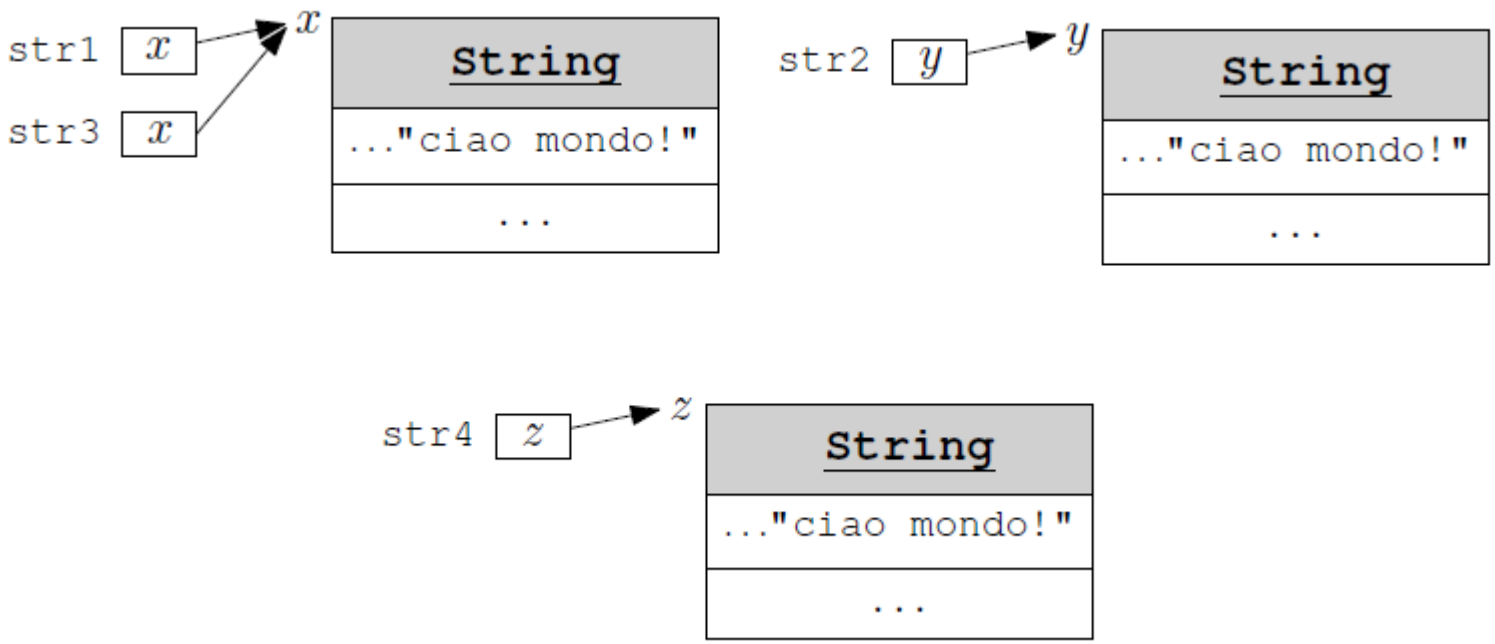
Creazione di oggetti String: esempio

String str1 = “ciao mondo!”;

String str2 = new String(“ciao mondo!”);

String str3 = “ciao mondo!”;

String str4 = new String(str1);



L’operatore di concatenazione

- L’operatore + applicato a due oggetti *String*, *str1* e *str2,* fornisce un nuovo oggetto *String* il cui valore è la concatenazione (giustapposizione) dei valori di *str1* e di *str2*
- Ad esempio, la seguente istruzione memorizza in *str* il riferimento ad un oggetto *String* di valore *“ciao mondo!”*

String str = “ciao”+” mondo!”;

- L’operatore + applicato alle stringhe si chiama dunque operatore di concatenazione

L'operatore di concatenazione

- L'operatore + può anche essere applicato tra uno oggetto *s* di tipo *String* e un dato primitivo; in questo caso, il risultato sarà un oggetto *String* il cui valore è ottenuto concatenando il valore di *s* con la stringa che descrive il dato primitivo
- *Esempio 1*: *String str = 10 + " rose";*
  - l'oggetto referenziato da *str* ha il valore *"10 rose"* (il valore intero *10* è dapprima convertito nella stringa*"10",* e quindi concatenato con *" rose"*.
- *Esempio 2*: *String str = 10 + 15 + " rose";*
  - l'oggetto referenziato da *str* ha il valore *"25 rose"* (vengono prima sommati *10* e *15*; il risultato viene concatenato a *" rose"*)

Metodi della classe String

- La classe *String* dispone di numerosi metodi di istanza e di classe, per la manipolazione di stringhe; nel seguito vedremo alcuni di questi metodi

Il metodo length

- Metodo di istanza che restituisce il numero di caratteri della stringa
- Prototipo: *int length()*
- Ad esempio, l'istruzione *"mondo".length()*, fornisce come risultato 5

Il metodo charAt

- Metodo di istanza che restituisce il carattere di dell'oggetto ricevente, che occupa la posizione specificata (il primo carattere ha sempre posizione 0!!)
- Prototipo: *char charAt(int index);*
- Ad esempio, l'istruzione *System.out.print("mondo".charAt(2))* stampa a video il carattere *'n'*

Il metodo equals

- Metodo di istanza che confronta il valore di due oggetti *String* e che restituisce *true* se tali valori sono uguali, e false altrimenti
- Prototipo: *boolean equals (String s);* (in realtà il parametro formale è un oggetto della classe *Object* (descritta in capitoli successivi))
- Ad esempio, il seguente frammento di codice stampa *true*

```
String str1 = new String("ciao mondo!");
String str2 = new String("ciao mondo!");
System.out.print(str1.equals(str2));
```

Il metodo equals: osservazione

```
String str1 = new String("ciao mondo!");
String str2 = new String("ciao mondo!);
System.out.print(str1.equals(str2));
```

- L'espressione *str1.equals(str2)* vale *true* perché gli oggetti referenziati da *str1* e da *str2*, sebbene siano diversi, hanno lo stesso valore

Il metodo compareTo

- Metodo di istanza che confronta "lessicograficamente" due stringhe
- L'ordine lessicografico è simile all'ordinamento alfabetico, ma distingue tra minuscola e maiuscola:
  - "alfa" precede "alfabeto"
  - "castello" segue "canile"
  - "Beta" precede "alfa"

- Prototipo: *int compareTo(String s);* restituisce:
  - un valore negativo se il ricevente precede *s* lessicograficamente
  - un valore positivo se il ricevente segue *s* lessicograficamente
  - *0* se le stringhe hanno lo stesso valore

Il metodo indexOf

- Metodo di istanza che verifica se una stringa è contenuta in un'altra
- Prototipo: *int indexOf(String s)*
  - restituisce la posizione iniziale di *s* all'interno della stringa ricevente, se *s* è contenuta nella stringa ricevente, altrimenti restituisce *-1*

- *Esempi:*
  - *"ciao".indexOf("ia") → vale 1*
  - *"ciao".indexOf("cio") → vale -1*

Il metodo substring

- Estrae una sottostringa da una stringa
- Prototipi:
  - *String substring (int a, int b):* restituisce la sottostringa dell'oggetto ricevente dalla posizione *a* (inclusa) alla posizione *b* (escluso)
  - *String substring (int a):* restituisce la sottostringa dell'oggetto ricevente dalla posizione *a* alla fine

- *Esempi:*
  - *"ciao mondo!".substring(2, 6)→ vale "ao m"*
  - *"ciao mondo!".substring(5) → vale "mondo!"*

I metodi toUpperCase e toLowerCase

- Metodi di istanza per creare stringhe con sole lettere maiuscole o sole lettere minuscole
- Prototipo:
  - *String toUpperCase()*
  - *String toLowerCase ()*

- *Esempi:*
  - *“cIAo”.toLowerCase()→ vale “ciao”*
  - *“cIAo”.toUpperCase() → vale “CIAO”*

Il metodo valueOf

- Metodo di classe che restituisce una stringa che descrive un valore primitivo
- Prototipo:
  - *String valueOf (t valore), dove t è un dato primitivo*
- *Esempi:*
  - *String.valueOf(1500)→ vale “1500”*
  - *String.valueOf(30.4) → vale “30.4”*