Alma Mater Studiorum-Università di Bologna
Scuola di Ingegneria

Riferimenti a oggetti

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Anno accademico 2025/2026

Prof. ENRICO DENTI

Dipartimento di Informatica – Scienza e Ingegneria (DISI)

RIFERIMENTI

- Un riferimento è simile a un puntatore, ma rispetto ad esso costituisce *un'astrazione di più alto livello*
  - riduce i pericoli legati all'abuso (o uso errato) dei puntatori e dei relativi meccanismi (aritmetica dei puntatori)
- Un riferimento viene *dereferenziato automaticamente* quando serve, senza necessità di * o altri operatori
  - ciò elimina i rischi e gli errori relativi al dereferencing esplicito
  - l'oggetto è *accessibile direttamente con la notazione puntata:*

```
c.inc();   x = c.getValue();
```

- Si conserva *l'espressività* dei puntatori, ma *controllandone e disciplinandone l'uso*.

RIFERIMENTI vs. PUNTATORI

Puntatore (C)

- contiene l'indirizzo di una variabile (ricavabile con `&`)…
- *… e permette di manipolarlo in qualsiasi modo*
  - incluso spostarsi altrove (aritmetica dei puntatori)
- richiede *dereferencing esplicito*
  - operatore * (o **[ ]**)
  - rischio di errore
- rischio di invadere aree altrui

Potente ma pericoloso.

Riferimento (Java, C#, etc.)

- contiene l'indirizzo di un oggetto (non ricavabile con operatori)…
- *… ma non consente di vederlo né manipolarlo!*
  - non esiste alcuna aritmetica dei puntatori
- ha il *dereferencing automatico*
  - niente più operatore * (o **[ ]**)
  - niente più rischio di errore
- impossibile invadere aree altrui

Mantiene la potenza del puntatore ma disciplinandone l'uso.

RIFERIMENTI vs. PUNTATORI

Puntatore (C)

- contiene l'indirizzo di una variabile (ricavabile con `&`)…
- *… e permette di manipolarlo in qualsiasi modo*
  - incluso spostarsi altrove (aritmetica dei puntatori)
- richiede *dereferencing esplicito*
  - operatore * (o [ ])
  - rischio di errore
- rischio di invadere aree altrui

Potente ma pericoloso.

L'operatore **&** *viola la barriera di astrazione*

- accesso *indiscriminato* al livello sottostante

L'aritmetica dei puntatori completa il vulnus

- ottenuto un indirizzo, *si può andare ovunque!!*

```
void printIntArray(int array[], int length){
    for(int i=0;i<length-1; i++) printf("%d, ", array[i]);
    printf("%d\n", array[length-1]);
    printf("%d\n", array[length*2]);
}
```

ARGH!

RIFERIMENTI vs. PUNTATORI

Il riferimento *impedisce* di violare la barriera di astrazione

- nessun accesso diretto al livello sottostante

Intenzionalmente, non esiste aritmetica dei puntatori!

- l'indirizzo contenuto nel riferimento consente di *accedere solo a quell'oggetto*

```
static void printIntArray(int[] array){
    for(int i=0;i<array.length-1; i++) System.out.print(array[i]);
    System.out.println(array[array.length-1]);
    System.out.println(array[array.length*2])
}
Exception in thread "main" java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException:
Index 10 out of bounds for length 5
```

Riferimento (Java, C#, etc.)

- contiene l'indirizzo di un oggetto (non ricavabile con operatori)…
- *… ma non consente di vederlo né manipolarlo!*
  - non esiste alcuna aritmetica dei puntatori
- ha il *dereferencing automatico*
  - niente più operatore * (o [ ])
  - niente più rischio di errore
- impossibile invadere aree altrui

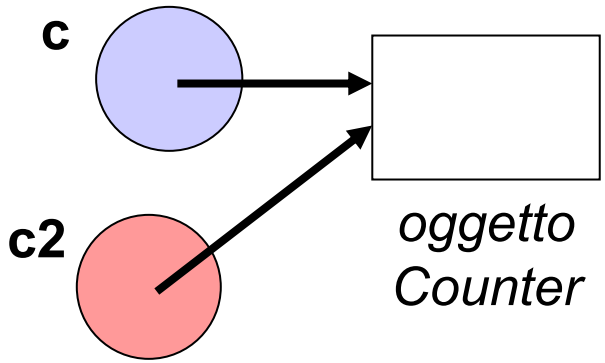
Mantiene la potenza del puntatore ma disciplinandone l'uso.

RIFERIMENTI A TIPI

- In C si possono definire, per ciascun tipo:
  - sia *variabili* (es. `int x;` `Studente s;`)
  - sia *puntatori* (es. `int *px;` `Studente *s;`)
- In Java è il linguaggio a imporre le sue scelte:
  - variabili *per i tipi primitivi* (es. **`int x;`**)
    → passaggio dei parametri: PER VALORE
  - riferimenti *per gli oggetti* (es. **`Counter c;`**)
    → passaggio dei parametri: PER RIFERIMENTO
- In C# la situazione è "molto simile" a Java
- In Scala Kotlin, *everything is an object* (niente più tipi primitivi)

RIFERIMENTI: cosa si può fare

- Definirli senza inizializzarli: `Counter c;` Java C#
- Assegnare loro la costante `null`: `c = null;` *(non in Kotlin)*
  Questo riferimento ora non punta a nulla
- Le due cose insieme: `Counter c = null;` *(non in Kotlin)*
- Usarli per creare nuovi oggetti:
  `c = new Counter();`
- Assegnarli uno all'altro (*aliasing*):
  `Counter c2 = c;`
  c2 referenzia lo stesso oggetto di c



- Confrontarli (nel senso di *identità*):
  `c1 == c2` è vera se puntano allo stesso oggetto

ESPERIMENTO

Java

~C#

```
public class Esempio2 {
 public static void main(String[] args){
   Counter c1 = new Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   System.out.println(c1.getValue());

   Counter c2 = c1;
   c2.inc();
   System.out.println(c1.getValue());
   System.out.println(c2.getValue());
 }
}
```

`c1` vale 1

Principio di località
Le definizioni di variabile possono comparire ovunque, non solo all'inizio del programma

Ora `c2` coincide con `c1`

Quindi, se si incrementa `c2` ...

… risultano incrementati *entrambi.*

RIFERIMENTI.. NULLI ?

- Dunque, in Java e C#, i riferimenti possono essere:
  - definiti senza inizializzarli: `Counter c;`
  - assegnati alla costante **`null`**: `c = null;`
  - le due cose insieme: `Counter c = null;`
  - usati per creare nuovi oggetti: `c = new Counter(…);`
  - assegnati uno all'altro (alias): `Counter c2 = c;`
  - confrontati come aliasing: `c1 == c2;`
- MA i riferimenti **`null`** sono la causa di moltissimi errori e problemi che esplodono a runtime!
- Per questo tutti i linguaggi moderni cercano di *scoraggiarli* al fine di perseguire una più compiuta ***type safety***

PERCHÉ NON `null`?

- Lasciamolo dire direttamente a Tony Hoare:

I call it my billion-dollar mistake. It was the invention of the null reference in 1965. At that time, I was designing the first comprehensive type system for references in an object-oriented language (ALGOL W). My goal was to ensure that all use of references should be absolutely safe, with checking performed automatically by the compiler. ***But I couldn't resist the temptation to put in a null reference, simply because it was so easy to implement****. This has led to innumerable errors, vulnerabilities, and system crashes, which have probably caused a billion dollars of pain and damage in the last forty years.*
[wikipedia]

RIFERIMENTI NON NULLI in Scala e Kotlin

- Java e C# , come il C, consentono riferimenti *null*
  - passano la compilazione, ma possono causare esplosioni a run-time

Java

```
Counter c1 = null;
Counter c2 = new Counter();
System.out.println(c1.getValue());
System.out.println(c2.getValue());
```

NullPointerException a run time!

- Scala e Kotlin , pur con diversi approcci e meccanismi, *disciplinano e scoraggiano* i riferimenti null
  - il linguaggio ne consente l'uso *solo in casi specifici* e con una *sintassi volutamente appesantita,* per costringere l'autore a pensarci
  - il compilatore dà *errore di compilazione* in caso si usino al di fuori dei casi controllati e consentiti

RIFERIMENTI NON NULLI in Scala e Kotlin

- Scala (con explicit nulls) consente riferimenti *null,* ma li considera istanze della classe **`Null`**, che non ha metodi
  - eventuali accessi causano quindi *errore di compilazione*

```
var c1 : Counter = null;
var c2 = new Counter();
println( c1.getValue() );
println( c2.getValue() );
```

Scala

getValue is not a member of Null

- Kotlin non consente tout court riferimenti *null*
  - ogni tentativo causa quindi *errore di compilazione*
  - (…a meno che non si usi una *speciale sintassi*…)

```
var c1 : Counter = null;
var c2 = Counter();
println( c1.getValue() );
println( c2.getValue() );
```

Kotlin

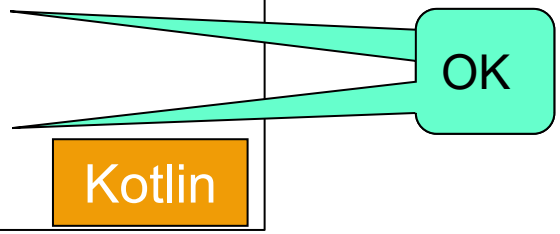
Null can not be a value of a non-null type Counter

Only safe calls allowed on nullable receiver

RIFERIMENTI NULLI in Kotlin

- Kotlin accetta riferimenti *null* solo se
  - il tipo è esplicitamente dichiarato come ***`tipo?`***
  - il metodo è esplicitamente chiamato con l'operatore **`?.`**

```
var c1 : Counter? = null;
var c2 = new Counter();
println( c1?.getValue() );
println( c2.getValue() );
```



- Il senso di questa sintassi *appositamente appesantita* è che un null *non dev'essere frutto del caso*
  - nei rari casi in cui sia *specifico intento* del progettista inserire un null, lo si obbliga a *esplicitare tale intenzione* utilizzando operatori ad hoc, *volutamente più verbosi (e scomodi da usare…)*

MINI-TEST a CONFRONTO

Java

```
public static void main(String[] args){
   Counter c1 = new Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   System.out.println(c1.getValue());
   Counter c2 = c1;
   c2.inc();
   System.out.println(c1.getValue());
   System.out.println(c2.getValue());
}
```

Kotlin

```
public fun main(args: Array<String>){
   var c1 : Counter = Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   println(c1.getValue());
   var c2 : Counter = c1;
   c2.inc();
   println(c1.getValue());
   println(c2.getValue());
}
```

Scala

```
def main(args: Array[String]) = {
   var c1 : Counter = Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   println(c1.getValue());
   var c2 : Counter = c1;
   c2.inc();
   println(c1.getValue());
   println(c2.getValue());
}
```

MINI-TEST a CONFRONTO

Java

```
public static void main(String[] args){
    Counter c1 = new Counter();
    c1.reset(); c1.inc();
    System.out.println(c1.getVal
    Counter c2 = c1;
    c2.inc();
    System.out.println(c1.getValue());
    System.out.pr
}
```

In Java, la specifica di tipo `Counter` può essere *sostituita* dalla keyword `var`, se il tipo è già esplicitato nella stessa frase.

In Scala e Kotlin, la specifica di tipo `:Counter` può essere *omessa* perché deducibile dal contesto

Kotlin

```
public fun main(args: Array<String>){
   var c1 : Counter = Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   println(c1.getValue());
   var c2 : Counter = c1;
   c2.inc();
   println(c1.getValue());
   println(c2.getValue());
}
```

Scala

```
def main(args: Array[String]) = {
   var c1 : Counter = Counter();
   c1.reset(); c1.inc();
   println(c1.getValue());
   var c2 : Counter = c1;
   c2.inc();
   println(c1.getValue());
   println(c2.getValue());
}
```

MINI-TEST a CONFRONTO

```
public static void main(String[] args){
    var c1 = new Counter();
    c1.reset(); c1.inc();
    System.out.println(c1.getValue());
    var c2 = c1;
    c2.inc();
    System.out.println(c1.getValue());
    System.out.println(c2.getValue());
}
```

Java

o anche `IO.println`

```
public fun main(args: Array<String>){
   var c1 = Counter()
   c1.reset(); c1.inc()
   println(c1.getValue())
   var c2 = c1
   c2.inc()
   println(c1.getValue())
   println(c2.getValue())
}
```

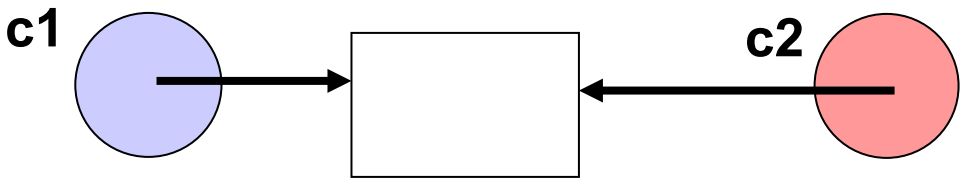
Kotlin

```
def main(args: Array[String]) = {
   var c1 = Counter()
   c1.reset(); c1.inc()
   println(c1.getValue())
   var c2 = c1
   c2.inc();
   println(c1.getValue())
   println(c2.getValue())
}
```

Scala

CONFRONTO DI IDENTITÀ (vs UGUAGLIANZA) DI OGGETTI

- In Java e C# , l'operatore == confronta l'identità di due oggetti, ossia verifica se siano *lo stesso* oggetto
  - è un confronto fra *riferimenti*
  - l'espressione **`c1==c2`** è vera solo se **`c1`** e **`c2`** puntano allo *stesso identico* oggetto, ossia se sono due *alias*

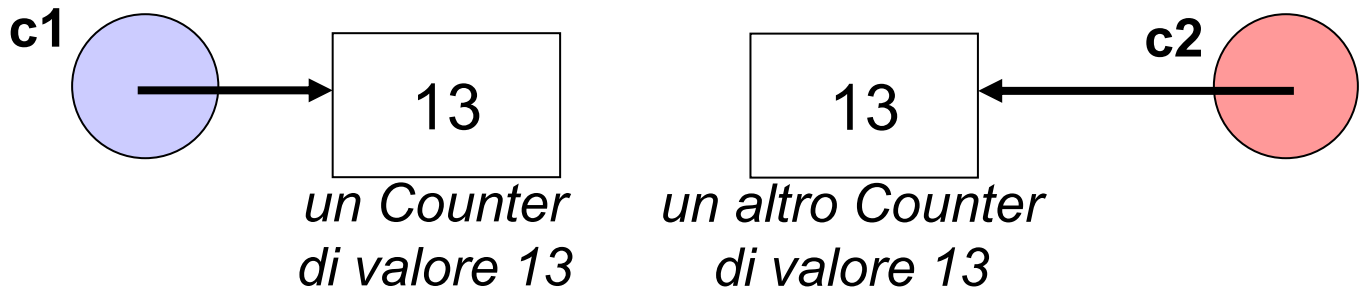


un Counter

`c1 == c2` è *vero*

CONFRONTO DI IDENTITÀ (vs UGUAGLIANZA) DI OGGETTI

- Di conseguenza e *intenzionalmente*, l'operatore == in Java e C# *non* si basa sul valore dell'oggetto
  - dunque, in caso di due oggetti fotocopia ma *distinti*, `c1==c2` darà come risultato *falso*



`c1 == c2` è *falso*

CONFRONTO DI IDENTITÀ (vs UGUAGLIANZA) DI OGGETTI

```
public class Esempio3 {
 public static void main(String[] args){
   Counter c1 = new Counter();
   Counter c2 = new Counter();
   System.out.println( c1 == c2 );
   }
}
```

Java

~C#

c1 e **c2** sono qui due oggetti distinti

FALSO, perché non puntano allo stesso oggetto.

In Java e C#, il *valore* dei contatori non rileva: il criterio è l'uguaglianza dei *riferimenti,* ossia *l'identità* degli oggetti

In Scala e Kotlin, in apparenza il risultato è identico

MA

come vedremo, il meccanismo in realtà è diverso

Scala

Kotlin

MINI-TEST DI IDENTITÀ a CONFRONTO

```
public static void main(String[] args)
{
    Counter c1 = new Counter(13);
    Counter c2 = new Counter(13);
    System.out.println(c1==c2);
}
```

```
false
```

Java

```
public static void Main(string[] args)
{
    Counter c1 = new Counter(13);
    Counter c2 = new Counter(13);
    Console.WriteLine(c1==c2);
}
```

```
False
```

C#

```
public fun main(args: Array<String>)
{
   val c1 = Counter(13); println(c1)
   val c2 = Counter(13); println(c2)
   println(c1==c2)
}
```

```
false
```

Kotlin

```
def main(args: Array[String]) =
{
   val c1 = Counter(13);
   val c2 = Counter(13);
   println(c1==c2)
}
```

```
false
```

Scala

CONFRONTO DI UGUAGLIANZA DI OGGETTI

- Spesso però occorre confrontare oggetti non per identità, ma *in base a un qualche criterio legato al loro «valore»*
  - tale criterio deve necessariamente essere *personalizzabile: in base a cosa* due oggetti dovrebbero essere considerati «uguali»?
- A tal fine, i linguaggi a oggetti introducono l'idea di consentire al progettista di specificare un criterio di uguaglianza nella definizione della classe
- Lo si fa implementando lo speciale metodo **`equals`** *(in C,* **`Equals`***)*
  - l'esatta forma del metodo dipende dallo specifico linguaggio

ESEMPIO
UGUAGLIANZA DI Counter

Per specificare il criterio di uguaglianza di due **`Counter`**

- Signature del metodo da implementare *(per ora…)*:

```
boolean equals(Counter x)
bool    Equals(Counter x)
equals(x:Counter): Boolean
```

Java

C#

Scala Kotlin

- POSSIBILE CRITERIO: considerarli uguali se hanno lo stesso *valore*

```
return value == x.value
```

A parole:

«I due Counter sono uguali se il valore dell'oggetto corrente («questo») è uguale a quello dell'oggetto ricevuto come argomento" («l'altro»)

ESEMPIO
UGUAGLIANZA DI Counter

Per specificare il criterio di uguaglianza di due **`Counter`**

- Signature del metodo da implementare *(per ora…)*:

  `boolean equals(Counter x)` *(Java)*

  `bool Equals(Counter x)` *(C#)*

  `e`[illegible]**`le`**

- PC[illegible]der[illegible] *valore*

  `return value == x.value`

Valore dell'oggetto corrente («questo» oggetto)

Valore dell' «altro» oggetto (ricevuto come argomento)

A parole:

«I due Counter sono uguali se il valore dell'oggetto corrente («questo») è uguale a quello dell'oggetto ricevuto come argomento" («l'altro»)

Counter CON `equals` NEI VARI LINGUAGGI

Java

```
public class Counter {
    public Counter(int value){ this.value=value; }
    private int value;
    public int getValue() { return value; }
    public boolean equals(Counter x) { return value == x.value; }

    public static void main(String[] args){
        Counter c1 = new Counter(13);
        Counter c2 = new Counter(13);
        System.out.println( c1.equals(c2) );
    }
}
```

```
true
```

C#

```
public class Counter {
    public Counter(int value){ this.value=value; }
    private int value;
    public int GetValue() { return value; }
    public bool Equals(Counter x) { return value == x.value; }

    public static void Main(string[] args){
        Counter c1 = new Counter(13);
        Counter c2 = new Counter(13);
        Console.WriteLine( c1.Equals(c2) );
    }
}
```

```
True
```

Kotlin

```
fun main() {
    val c1 = Counter(13);
    val c2 = Counter(13);
    println(c1.equals(c2))
}

public class Counter(private var value:Int) {
    public fun getValue() : Int = value;
    public fun equals(x:Counter) : Boolean { return value == x.value; }
}
```

```
true
```

Scala

```
object Test{
 def main(args:Array[String]) = {
    val c1 = Counter(13);
    val c2 = Counter(13);
    println(c1.equals(c2))
 }
}

class Counter(private var value:Int) {
  def getValue() : Int = value;
  def equals(x:Counter) : Boolean = { return value == x.value; }
}
```

```
true
```

NB: in realtà, come vedremo, *non è proprio così* che si dovrebbe fare…

LA KEYWORD `this`

Per meglio evidenziare la simmetria fra i due oggetti del confronto («questo» e «l'altro»), conviene sfruttare la parola chiave **`this`** per denotare esplicitamente *l'oggetto corrente*

- Anziché scrivere

```
return value == x.value
```

- È più opportuno scrivere

```
return this.value == x.value
```

A parole:

I due Counter sono uguali se il valore di «questo» oggetto è uguale a quello dell' «altro» oggetto ricevuto come argomento.

CONVENZIONE: `this` & `that`

Per completare «esteticamente» la simmetria, si usa chiamare **`that`** o **`other`** *l'oggetto ricevuto come argomento*

- NB: non sono parole chiave, sono solo nomi «convenienti»

- È quindi più opportuno scrivere

```
return this.value == that.value
```

- o, più spesso nei linguaggi più recenti:

```
return this.value == other.value
```

A parole:

I due Counter sono uguali se il valore di «questo» oggetto è uguale a quello dell' «altro» oggetto.

Counter CON this / that

```
public class Counter {
   private int value;
   public Counter() { value = 1; }
   public Counter(int v) { value = v; }
   public void reset() { value = 0; }
   public void inc() { value++;   }
   public int  getValue(){ return value; }
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.value; }
}
```

Java

~C#

DUBBIO: ma si può scrivere **that.value**, se **value** è privato…?

```
public class Esempio3b {
 public static void main(String[] args){
   Counter c1 = new Counter();
   Counter c2 = new Counter();
   System.out.println(c1 == c2);
   System.out.println(c1.equals(c2));
   }
}
```

Sono oggetti distinti

Falso

Vero, perché sono *uguali secondo il criterio specificato dalla classe*

UN CRITERIO ALTERNATIVO

- L'uguaglianza *di contenuto* non è l'unico criterio utile
  - ad esempio, se due contatori servissero *come orologi,* potrebbe essere utile un criterio di conteggio *modulo 24*
  - gli angoli sono spesso considerati uguali *modulo 360°*
  - per non parlare delle frazioni….!

- Criterio "per orologi": contatori uguali *se hanno lo stesso valore modulo 24*

```
return this.value % 24 == that.value % 24
```

- Generalizzando a tutto ciò che è uguale *modulo K* (es. contachilometri con $K=10^N$, angoli con K=360)*:*

```
return this.value % K == that.value % K
```

UN ALTRO ESEMPIO: ANGOLI

- Un angolo può incapsulare il valore numerico in gradi

```
public class Angle {
  private double value;
  public Angle(double v) { value = v; }
  public double getValue(){ return value; }
  ...
}
```

Java

~C#

~Scala

~Kotlin

- Ma tipicamente in matematica gli angoli si considerano uguali *modulo 360°*

```
public boolean equals(Angle that){
   return this.value % 360 == that.value % 360;
}
```

..MA per angoli negativi..?

UN ALTRO ESEMPIO: ANGOLI

- La classe completa:

```
public class Angle {
  private double value;
  public Angle(double v) { value = v; }
  public double getValue(){ return value; }
  public boolean equals(Angle that){
    return this.value % 360 == that.value % 360; }
}
```

Java ~C# ~Scala ~Kotlin

Funziona anche per valori reali,
MA dà il *remainder*, non il modulo

- Collaudo:

```
assert new Angle(30).equals(new Angle(390)); // OK
assert new Angle(10).equals(new Angle(390)); // NO
```

  - MA non funziona con mix di angoli positivi e negativi.. ☹
    → **`Math.floorMod`** risolverebbe, ma solo per angoli interi.. ☹

ANGOLI: moduli, remainder, etc.

- L'operatore % restituisce il *remainder (che può essere negativo),* non il modulo (che in matematica è positivo)
  → coi valori negativi, non funziona come pensiamo
- Si può ovviare con un'espressione più sofisticata:

  (x % y + y) % y

  - se x è negativo, anche x % y lo è, ma in valore assoluto è < y
    quindi, (x % y + y) è sempre positivo: quindi, prendendolo %y
    si ottiene il risultato voluto
  - se x è positivo l'aggiunta di +y non altera il risultato, poiché l'effetto sarà neutralizzato dall'operazione %y finale
- Con tale modifica, anche questo collaudo ha successo:

```
assert new Angle(31.5).equals(new Angle(-688.5));
```

UN TERZO ESEMPIO: FRAZIONI

- Nel caso delle frazioni, definite come *coppia (num, den)*, quand'è che due oggetti si possono ritenere *uguali* ?
  - non solo quando numeratore e denominatore sono identici
  - ma più in generale quando le due frazioni sono *equivalenti*
    1/2 è uguale a 3/6, a 9/18 … e tante altre!

CRITERIO: **n/m** EQUIVALE A **p/q** SE **n × q = m × p**

CODIFICA

```
public class Frazione {
  ...
  public boolean equals(Frazione that){
    return this.num * that.den == this.den * that.num;
  }
}
```

Java ~C# ~Scala ~Kotlin

LA KEYWORD `this` (continua)

- Come si diceva, un altro uso tipico di questa keyword è quello di *disambiguare casi di potenziale omonimia*
- SCENARIO TIPICO: un *parametro di un metodo è omonimo a un campo-dati della classe*
  - può sembrare strano o assurdo, ma in realtà accade sempre!
  - *lo si fa apposta*, per sottolineare a cosa corrisponde quel certo argomento, evitando un'inutile moltiplicazione di nomi

L'ambiguità si risolve con la keyword **`this`**

Java ~C#

```
public Counter(int value) { this.value = value; }
```

`value` (da solo) è il nome dell'argomento del metodo

`this.value` è il campo dati dell'oggetto corrente

PATTERN DI ASSEGNAMENTO

- I campi-dati di un oggetto sono tipicamente inizializzati nei costruttori proprio con sequenze del tipo:

`this.nome = nome`

Java

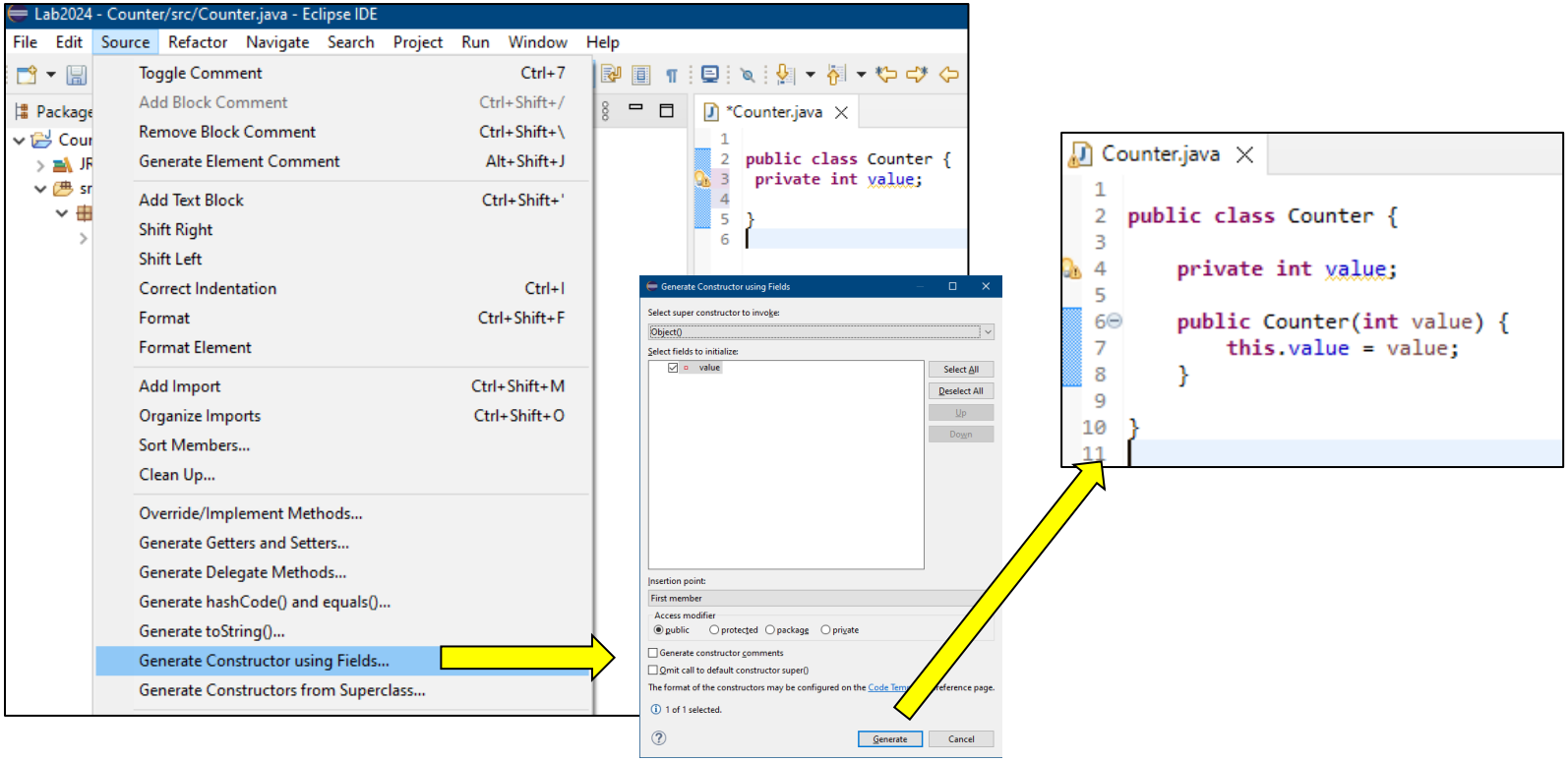
~C#

```
public class Counter {
  private int value; // è this.value
  public Counter() {this.value = 1; }
  public Counter(int value){ this.value = value; }
  public void reset() { this.value = 0; }
  public void inc() { this.value++;   }
  public int  getValue(){ return this.value; }
  public boolean equals(Counter that){
      return this.value == that.value; }
}
```

Pattern tipico

PATTERN DI ASSEGNAMENTO: generazione automatica in Eclipse

- È per evitare di dover scrivere uno ad uno tutti i vari assegnamenti «ovvi» che Eclipse offre la funzionalità di *generazione automatica* del costruttore



PATTERN DI ASSEGNAMENTO in Scala e Kotlin

- Per lo stesso motivo, Scala e Kotlin spostano gli argomenti dei costruttori nella dichiarazione della classe, fondendole insieme:

```
class Counter(private var value:Int){
   def reset() = { this.value = 0; }
   def inc() = { this.value += 1; }
   def getValue() = this.value;
   def equals(that:Counter) = this.value==that.value;
}
```

Dichiarazione classe e argomenti del costruttore fusi insieme

Definizione di metodo in forma di espressione (senza graffe, né return!)

Scala

~Kotlin

LA KEYWORD `this` (continua)

C'è un altro caso tipico di uso della keyword **`this`**:
richiamare un costruttore *da un altro*

- **`this()`** invoca il costruttore senza argomenti
- **`this(...)`** invoca il costruttore *corrispondente in numero e tipo alla lista di argomenti indicata*

MOTIVAZIONI

- Economia: si scrive solo il *costruttore più generale* e si implementano i *costruttori ausiliari* rimpallando la loro azione sul primo, con opportuni *valori di default* per i parametri
- Buona pratica: promuove l'idea che una classe debba avere un *single point of entry:* il *costruttore primario*
- Collaudabilità: il collaudo si basa sul *costruttore primario*

`this` NEI COSTRUTTORI in JAVA

```
public class Counter{
   private int value;
   public Counter() { value = 1; }
   public Counter(int v) { value = v; }
   …
}
```

Java

Senza **`this`**, il costruttore ausiliario *duplica buona parte del codice* del costruttore primario

```
public class Counter {
   private int value;
   public Counter() { this(1); }
   public Counter(int v) { value = v; }
   …
}
```

Java

Con **`this`**, il costruttore ausiliario *rimpalla l'azione* sul costruttore primario, fornendogli i valori di default

SCALA & KOTLIN: poiché il costruttore primario è fuso nella dichiarazione della classe, i costruttori ausiliari hanno una forma particolare (→)

`this` NEI COSTRUTTORI in JAVA

Java

```
public class Frazione {
  private int num, den;
  public Frazione(int n, int d){ num = n; den = d; }
  public Frazione(int n){ num = n; den = 1; }
  …
}
```

COLLAUDABILITÀ (TESTABILITY)

Un singolo point of entry = un singolo punto d'ingresso da collaudare (bene)

Java

```
public class Frazione {
  private int num, den;
  public Frazione(int n, int d){ num = n; den = d; }
  public Frazione(int n){ this(n,1); }
  …
}
```

Anche qui, con **`this`** il costruttore ausiliario *rimpalla l'azione* sul costruttore primario, evitando duplicazioni

UN ALTRO ESEMPIO: `Point`

Java

```
public class Point {
 double x, y, z;
 public Point(double x, double y, double z) {
  this.x = x; this.y = y; this.z = z;
 }
 public Point(double x, double y) {
  this(x, y, 0); // richiama costruttore precedente
 }

 public Point(double x){
  this(x, 0); // richiama costruttore precedente
 }
}
```

Costruttore a 3 argomenti (il caso più generale)

Costruttore a 2 argomenti: richiama quello a 3 argomenti

Costruttore a 1 argomento: richiama quello a 2 argomenti

ESEMPIO

Java

```
public class EsempioPoint {
 public static void main(String[] args){
   Point p1 = new Point(3,2,1);
   Point p2 = new Point(4,5); // (4,5,0)
   Point p3 = new Point(7);   // (7,0,0)
   ...
 }
}
```

L'argomento z viene posto a 0 dal costruttore

Gli argomenti y, z sono posti a 0 dal costruttore

Inizializzato da Point/1 che richiama Point/2 (dando come 2° argomento 0), che a sua volta richiama Point/3 (dando come 3° argomento 0)

`this` NEI COSTRUTTORI in C#

C#

```
public class Point {
 double x, y, z;
 public Point(double x, double y, double z) {
  this.x = x; this.y = y; this.z = z;
 }
 public Point(double x, double y) : this(x, y, 0) {
   // corpo vuoto
 }

 public Point(double x) : this(x, 0) {
  // corpo vuoto
 }
}
```

Costruttore a 3 argomenti (il caso più generale)

Costruttore a 2 argomenti: richiama quello a 3 argomenti

Costruttore a 1 argomento: richiama quello a 2 argomenti

`this` NEI COSTRUTTORI AUSILIARI in Scala e Kotlin

In Scala, i costruttori ausiliari si chiamano proprio **`this`**: Scala

```
class Point(val x: Double, val y: Double, val z: Double) {
  def this(x: Double, y: Double) = this(x, y, 0);
  def this(x: Double) = this(x, 0);
}
```

Costruttore primario a 3 argomenti

Costruttore a 1 argomento: richiama quello a 2 argomenti

Costruttore a 2 argomenti: richiama quello a 3 argomenti

In Kotlin si introduce invece la keyword **`constructor`**: Kotlin

```
class Point(val x: Double, val y: Double, val z: Double) {
  constructor(x: Double, y: Double) : this(x, y, 0.0);
  constructor(x: Double) : this(x, 0.0);
}
```

Necessaria una costante Double (non Int)

Java: PRE-INIZIALIZZAZIONI

- Talora può accadere che vi siano inizializzazioni identiche per tutti i costruttori, o che debbano essere fatte *prima ancora che il (resto del) costruttore inizi ad operare.*
- In questi casi, è possibile specificare l'inizializzazione *direttamente nella dichiarazione del dato*
  - ad esempio, se il campo **`z`** di **`Point`** dovesse essere pre-inizializzato a 18, si potrebbe scrivere:

Java

```
public class Point {
 double x, y, z = 18; // pre-inizializzato
 ...
```

- Non c'è differenza di efficienza, è solo questione di stile e leggibilità.

Problemi di incapsulamento

UN PROBLEMA COI CAMPI PRIVATI in Java e C#

- Riconsideriamo il codice di **`Counter`** e in **`Frazione`**.
- I campi dati (**`value`**, **`num`**, **`den`**) sono privati.. ma *DI CHI?*

Java

~C#

```
public class Counter {
   private int value; // ovvero this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.value; }
}
```

Java

~C#

```
public class Frazione {
   private int num, den;
   public boolean equals(Frazione that){
     return this.num * that.den == this.den * that.num;
   }
}
```

Ma.. si può scrivere **`that.den`**, essendo **`den`** privato?

Ma.. si può scrivere **`that.num`**, essendo **`num`** privato?

UN PROBLEMA COI CAMPI PRIVATI in Scala e Kotlin

- Analogamente per il codice di **`Counter`** in Scala e Kotlin
- Il campo dati **`value`** è privato.. ma *DI CHI?*

Scala

```
class Counter(private var value : Int) {
def equals(that : Counter) : Boolean = {
                return this.value == that.value; }
}
```

Kotlin

```
class Counter(private var value : Int) {
   fun equals(that : Counter) : Boolean {
                return this.value == that.value; }
}
```

```
object Main{
  def main(args: Array[String]) : Unit = {
    var c1 = new Counter(12);
    var c2 = new Counter(12);
    println(c1.equals(c2));
  }
}
```

```
true
```

```
fun main(args: Array<String>) : Unit {
    var c1 = Counter(12);
    var c2 = Counter(12);
    println(c1.equals(c2));
}
```

```
true
```

UN PROBLEMA COI CAMPI PRIVATI

- A intuito, **`private`** dovrebbe voler dire *dell'oggetto..*
- *…ma allora non dovremmo poter scrivere* ***`that.value`***, che è *un campo dell'oggetto* ***`that`*** (non di `this`, su cui è stato chiamato il metodo `equals`)

```
public class Counter {
   private int value;    // ovvero this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.value; }
}
```

Java

~C#

Violazione di incapsulamento

AARGH!!

Stiamo violando l'incapsulamento dell'oggetto ***`that`*** *!*

UN PROBLEMA DI INCAPSULAMENTO

- Per rispettare l'incapsulamento dell'oggetto **`that`**, *non avremmo dovuto* accedere *direttamente* ai suoi dati!
- Non era neanche necessario: bastava usare **`getValue`**!

```
public class Counter {
   private int value;    // ovvero this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.value; }
}
```

Java

~C#

Violazione di incapsulamento

```
public class Counter {
   private int value;    // ovvero this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.getValue();
}
```

Java

~C#

Incapsulamento rispettato

UN PROBLEMA DI INCAPSULAMENTO

- Ma allora.. perché funziona?
- *Perché non ci è stata impedita la compilazione?*

```
public class Counter {
   private int value;    // ovvero this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.value; }
}
```

Java

~C#

Violazione di incapsulamento

- Perché di base l'incapsulamento è *enforced solo a livello di classe, non di singolo oggetto*
- MOTIVO: non forzare il progettista ad aggiungere metodi di accesso *pubblici,* non previsti dal progetto, «solo per» rispondere a un'esigenza pratica.

INCAPSULAMENTO & SCELTE DI PROGETTO NEI LINGUAGGI

- LESSON LEARNED: nel progetto dei meccanismi di un linguaggio si devono a volte considerare esigenze contrastanti
  - l'enforcing dell'incapsulamento è una di queste
- Anche se l'incapsulamento è enforced solo a livello di classe, ciò *non è un buon motivo per violarlo a livello di oggetto* se si può evitare di farlo
- Quindi: se è presente un metodo accessor, *molto meglio usare quello* che non accedere direttamente
  - al dato di un oggetto ricevuto come argomento (**`that`**)
  - ma anche ai propri dati (**`this`**)

REFACTORING DEL CODICE

- Codice riorganizzato rispettando l'incapsulamento (fase 1):

```
public class Counter {
   private int value;     // this.value
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.value == that.getValue();
}
```

Java

~C#

Incapsulamento rispettato per **that**

```
public class Frazione {
   private int num, den; // this.num, this.den
   public boolean equals(Frazione that){
    return
      this.num * that.getDen() == this.den * that.getNum();
   }
}
```

Java

~C#

Incapsulamento rispettato per **that**

Incapsulamento rispettato per **that**

REFACTORING DEL CODICE

- Codice riorganizzato rispettando l'incapsulamento (fase 2):

```
public class Counter {
   private int value;     // t
   …
   public boolean equals(Counter that){
        return this.getValue() == that.getValue(); }
}
```

Incapsulamento rispettato anche per **this**

Java

~C#

```
public class Frazione {
   private int num, den; // this.num, this.den
   public boolean equals(Frazione that){
    return
     this.getNum() * that.getDen()
        == this.getDen() * that.getNum();
   }
}
```

Incapsulamento rispettato anche per **this**

Java

~C#

Overloading di funzioni

OVERLOADING

- Già sappiamo che in Java e C# possono esistere *costruttori omonimi,* purché distinguibili dalla lista degli argomenti
- Il caso dei costruttori non è l'unico: una classe può contenere *funzioni omonime,* purché distinguibili dalla lista argomenti
  - NB: il tipo di ritorno *non* distingue da solo due signature

  Questa possibilità si chiama *OVERLOADING*
- Obiettivo: *evitare la proliferazione di nomi per operazioni "molto simili"* (tipicamente, varianti della stessa operazione)

Esempio: incremento del valore del contatore di 1 o di K

- Perché usare nomi diversi, come **`inc1()`** e **`incK(int k)`**, per quella che è sostanzialmente la stessa azione "incremento"?
- ANZI: se è la stessa, è bene che il nome sia lo stesso!

OVERLOADING: ESEMPIO IN Java

- Un **`Counter`** con due metodi di incremento

```
public class Counter {
   ...
   public void inc() { this.value++; }
   public void inc(int k) {this.value += k; }
}
```

Java

~C#

Metodo **`inc`** senza argomenti

Metodo **`inc`** con un argomento (intero)

Questo invece sarebbe errato:

```
public int    getValue() { return this.value; }
public String getValue() { return ""+this.value; }
```

Non distinguibili dalla lista argomenti

OVERLOADING: ESEMPIO IN Scala e Kotlin

var perché deve poter essere modificato

In Scala non esiste ++

Scala

```scala
class Counter(var value : Int) {
  def inc() : Unit = { this.value +=1 ; }
  def inc(k : Int) : Unit = {this.value += k; }
  def equals(that : Counter) : Boolean = { return this.value == that.value; }
}
```

var perché deve poter essere modificato

MA così tutti potranno modificarlo!
Implementazione troppo naif

Kotlin

```kotlin
class Counter(var value:Int) {
    fun equals(that : Counter) : Boolean { return this.value == that.value; }
    fun inc() : Unit { this.value ++ ; }
    fun inc(k : Int) : Unit {this.value += k; }
}
```

OVERLOADING: ESEMPIO IN Scala e Kotlin

- E infatti.. ☹

Scala

```
class Counter (var value : Int){
  def inc()   : Unit = { value +=1; }
}

object MyMain {
  def main(args: Array[String]) : Unit = {
  var c1 : Counter = new Counter(7);
  var c2 : Counter = new Counter(10);
  println("c1 = " + c1.value + ", c2 = " + c2.value);
  c1.inc(); c1.inc(); c1.inc();
  println("c1 = " + c1.value + ", c2 = " + c2.value);
  c1.value = 18;
  println("c1 = " + c1.valu
  }
}
```

Kotlin

```
public fun main(args: Array<String>) {
    var c1 : Counter = Counter(7);
    var c2 : Counter = Counter(10);
    println("c1 = " + c1.value + ", c2 = " + c2.value);
    c1.inc(); c1.inc(); c1.inc();
    println("c1 = " + c1.value + ", c2 = " + c2.value);
    c1.value = 18;
    println("c1 = " + c1.value + ", c2 = " + c2.value);
}
```

OVERLOADING: ESEMPIO IN Scala e Kotlin

- Per impedire accessi indesiderati a **`value`** basta etichettarlo **`private`**, come infatti si era fatto negli esempi precedenti:

Scala

```
class Counter (private var value : Int){
  def inc()   : Unit = { value +=1; }
  def getValue(): Int = { return value; }
}

object MyMain {
  def main(args: Array[String]) : Unit = {
  var c1 : Counter = new Counter(7);
  var c2 : Counter = new Counter(10);
  println("c1 = " + c1.getValue() + ", c2 = " + c2.getValue());
  c1.inc(); c1.inc(); c1.inc();
  println("c1 = " + c1.getValue() + ", c2 = " + c2.getValue());
  c1.value = 18;
    variable value in class Counter cannot be accessed as a member of Counter from object MyMain
  }
}
```

OVERLOADING: ESEMPIO IN Scala e Kotlin

- Per impedire accessi indesiderati a **`value`** basta etichettarlo **`private`**, come infatti si era fatto negli esempi precedenti:

Kotlin

```
public class Counter (private var value : Int){
    fun inc()    : Unit { value +=1; }
    fun getValue(): Int { return value; }
}

public fun main(args: Array<String>) {
    var c1 : Counter = Counter(7);
    var c2 : Counter = Counter(10);
    println("c1 = " + c1.getValue() + ", c2 = " + c2.getValue());
    c1.inc(); c1.inc(); c1.inc();
    println("c1 = " + c1.getValue() + ", c2 = " + c2.getValue());
    c1.value = 18;
```

```
Cannot access 'value': it is private in 'Counter'
```