# UN CASO DI STUDIO

**Numeri Reali e Numeri Complessi**

- **Si vogliono progettare due classi che catturino il concetto di *numero reale* (`Real`) e di *numero complesso* (`Complex`)**

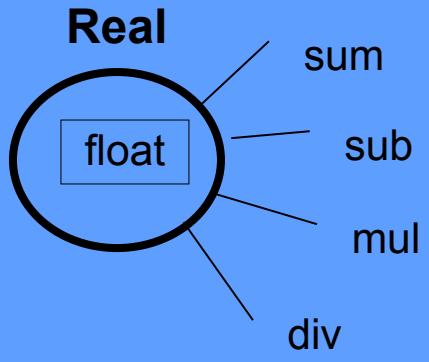
**Principi-guida**

- **aderenza alla realtà**
- **"efficienza" della rappresentazione**

Imposteremo un progetto per sottoporlo poi a *revisione critica.*

# UN PRIMO APPROCCIO

- **Un progettista *poco esperto* potrebbe iniziare subito a rappresentare il concetto di *numero reale*, senza riflettere a fondo.**
- **In un tale scenario, probabilmente per prima cosa verrebbe definita una classe `Real` simile a questa:**
  - rappresentazione interna: un float
  - metodi per effettuare le quattro operazioni (sum, sub, mul, div)
  - ed eventualmente altre...



# UN PRIMO APPROCCIO

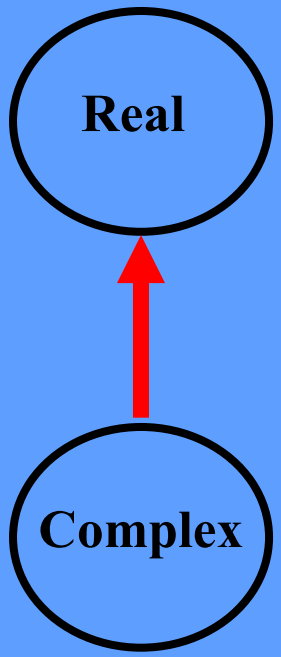
## Possibile realizzazione di `Real`:

```
class Real {

 protected float val;

 public Real(float x) { val = x; }

 public Real sum(Real x){
   return new Real(val + x.val); }
 public Real sub(Real x){
   return new Real(val - x.val); }
 public Real mul(Real x){
   return new Real(val * x.val); }
 public Real div(Real x){
   return new Real(val / x.val); }
}
```

# UN PRIMO APPROCCIO

**Ora si deve introdurre la classe `Complex`.**

- **Anche qui, un progettista *poco esperto* potrebbe adottare, senza ben riflettere, un approccio pragmatico, e - poiché un `Complex` è caratterizzato da *due* `float` (parte reale e immaginaria), decidere di *derivare `Complex` da `Real`***
- **È un approccio *efficiente*, perché riusa il float dei `Real` come parte reale, e aggiunge un nuovo float per la parte immaginaria...**



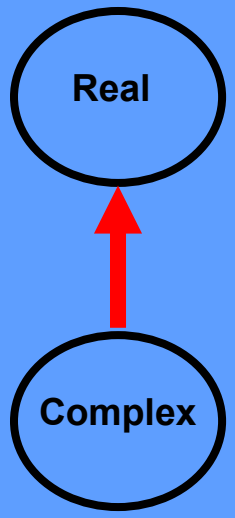

***MA la realtà è fatta a rovescio!!***

***`Complex` un sottinsieme di `Real`??***

# UN PRIMO APPROCCIO

**Sarebbe un modello assurdo**

- **si potrebbe assegnare un `Complex` a un `Real`, *ma non viceversa***
- **le compatibilità di tipo funzionerebbero tutte *"a rovescio"* rispetto alla realtà matematica usuale.**

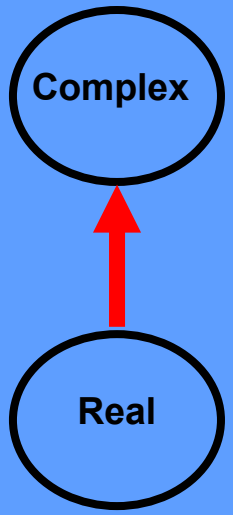



**CONCLUSIONI**

- **è un progetto sbagliato, che non modella correttamente la realtà**
- **deve essere ripensato da capo.**

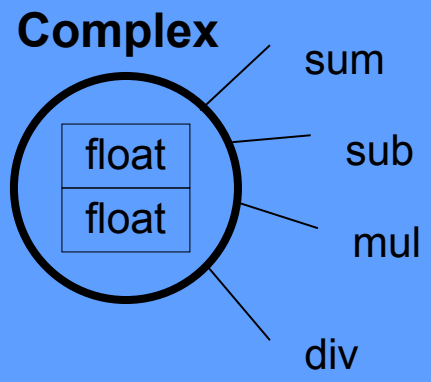
# UN NUOVO APPROCCIO

- **Un progettista *esperto* riflette innanzitutto *sulla relazione esistente fra reali e complessi***
  - **sono i reali ad essere un caso particolare dei complessi, non viceversa (R ⊂ C, ma C ⊄ R)**
- **Perciò, il progettista *esperto* decide *a priori* che la relazione corretta fra le due classi è che `Complex` sia la classe-base, e `Real` la classe derivata**
  - **l'efficienza viene *dopo.***

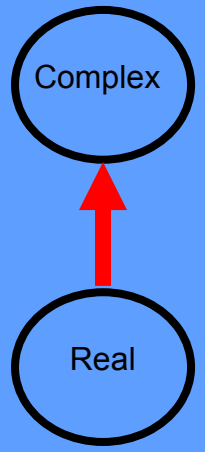


# UN NUOVO APPROCCIO

- **In questo nuovo scenario, si definisce per prima la classe `Complex`**
  - **rappresentazione interna: due float** *(parte reale e parte immaginaria)*
  - i metodi per effettuare le quattro operazioni (sum, sub, mul, div) devono essere in grado *di operare sui complessi*

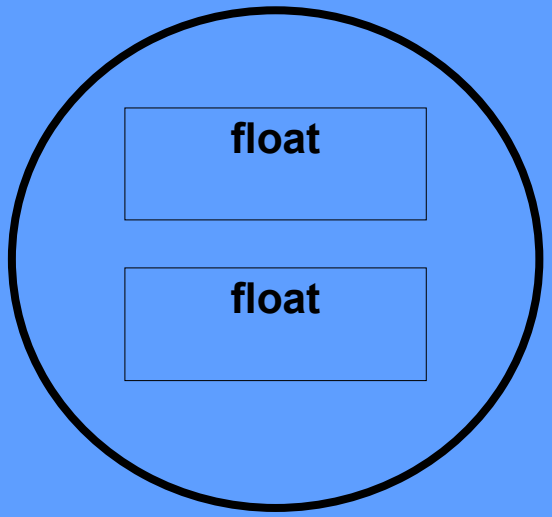



- **Poi, si deriva `Real` da essa**
  - è *meno efficiente*, perché i `Real` hanno comunque *due float*, anche se la parte immaginaria è sempre zero
  - inoltre, tutte le operazioni sono calcolate fra `Complex`, in modo inutilmente complicato per i `Real`
- **Ma *la realtà è modellata correttamente***



# NUOVO APPROCCIO: `Complex`

## Progetto della classe `Complex`




**OPERAZIONI**

- somma fra complessi
- sottrazione fra complessi
- moltiplicazione fra complessi
- divisione di un complesso per un fattore reale
- coniugato di un numero complesso
- modulo (al quadrato) di un complesso
- divisione fra complessi

**RELAZIONI UTILI**

- $(a+ib) \pm (c+id) = (a+c) \pm i\,(b+d)$
- $(a+ib) \,/\, x = (a/x + i\, b/x) \quad x \in R$
- $z / w = (z \times cgt(w)) / |w|^2$

**RELAZIONI UTILI**

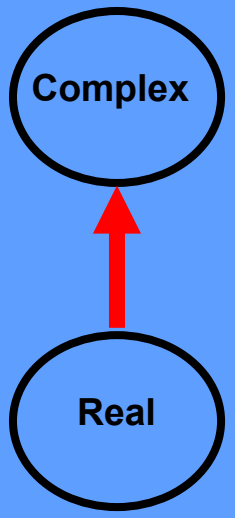
- $(a+ib) \times (c+id) = (ac-bd) + i\,(bc + ad)$
- $cgt(a+ib) = (a-ib)$

# NUOVO APPROCCIO: Complex

```
public class Complex {
 protected float re, im;
 public Complex(float r, float i) { re = r;  im = i; }
 public Complex sum(Complex z){
   return new Complex(re+z.re, im+z.im); }
 public Complex sub(Complex z){
   return new Complex(re-z.re, im-z.im); }
 public Complex mul(Complex z){
   return new Complex(re*z.re-im*z.im, im*z.re+re*z.im); }
 public Complex div(Complex z){
   return mul(cgt(z)).divByFactor(z.squaredModule()); }
 public Complex cgt(Complex z){ return new Complex(re,-im); }
 public Complex divByFactor(float x) {
   return new Complex(re/x, im/x); }
 public float squaredModule(){ return re*re + im*im; }
 public String toString(){ return "" + re + "+i" + im;}
}
```

# NUOVO APPROCCIO: `Real`

## Progetto della classe `Real`




- **Ogni numero reale ha comunque una parte immaginaria, che però vale zero**
- **Le operazioni precedenti restano valide, ma risultano perciò *inutilmente inefficienti***
- **Può essere utile re-implementarle per guadagnare efficienza**

- **Infatti, somma / sottrazione / moltiplicazione /divisione fra reali sono *molto più semplici* delle corrispondenti operazioni fra complessi…**
- **.. e il risultato è un reale**

# NUOVO APPROCCIO: `Real`

```
public class Real extends Complex {
 public Real(float x) { super(x,0); }
 public Real sum(Real x){ return new Real(re + x.re); }
 public Real sub(Real x){ return new Real(re - x.re); }
 public Real mul(Real x){ return new Real(re * x.re); }
 public Real div(Real x){ return new Real(re / x.re); }
 public String toString(){ return "" + re;}
}
```

**NOTARE:**

- il costruttore di Real si appoggia su quello di Complex, impostando però sempre la parte immaginaria a zero
- le quattro operazioni sono reimplementate *nel caso specifico di entrambi operandi Real*, nel qual caso il risultato è a sua volta un Real
- rimangono comunque disponibili tutte le operazioni già esistenti
- viene reimplementata la toString() in modo specifico ai Real

# ESEMPIO D'USO

```
public class Prova {
 public static void main(String args[]){
  Real r1 = new Real(18.5F), r2 = new Real(3.14F);
  Complex c1 = new Complex(-16, 0), c2 = new Complex(3, 2),
            c3 = new Complex(0, -2);
  Real r = r1.sum(r2); Complex c = c1.sum(c2);
  System.out.println("r1 + r2 = " + r); // il reale 21.64
  System.out.println("c1 + c2 = " + c); // il complex -13+2i
  System.out.println("c1 + c2 -i = " + c.sub(new Complex(0,1)));
                                        // il complesso -13+i
  c = c.sum(c3);
  System.out.println("c + c3 = " + c);  // -13+0i
  c = r;
  System.out.println("c = r; c = " + c);       // qui c è reale
  // POLIMORFISMO: scatta la toString dei reali, stampa 21.64
 }
}
```

```
r1 + r2 = 21.64
c1 + c2 = -13.0+i2.0
c1 + c2 -i = -13.0+i1.0
c + c3 = -13.0+i0.0
c = r; c = 21.64
```