# Progettazione del Software 1

Giuseppe De Giacomo
*Dipartimento di Informatica e Sistemistica*
*Università di Roma "La Sapienza"*

http://www.dis.uniroma1.it/~degiacomo

*Seconda parte*



## Seconda Parte

# La fase di analisi

- Cosa è l'analisi
- Introduzione al linguaggio UML
- Il linguaggio UML per l'analisi
- Metodologia di analisi



## Cos'è l'analisi

- L'analisi è la fase del ciclo di sviluppo del software caratterizzata da:

  INPUT: requisiti raccolti

  OUTPUT: **schema concettuale** (anche detto modello di analisi) dell'applicazione

  OBIETTIVO:
  - costruire un modello dell'applicazione che sia **completo**, **preciso** e **rigoroso** ma anche **leggibile**, indipendente da linguaggi di programmazione e **traducibile** in un programma
  - concentrarsi su **cosa**, e non su come (indipendenza da aspetti realizzativi/tecnologici)



## A cosa serve l'analisi

- Analizzare i requisiti:
  - coglie le loro implicazioni,
  - li specifica con l'obiettivo di formalizzarli e di eliminare incompletezze, inconsistenze e ambiguità
- Crea un modello (**schema concettuale**) che sarà un riferimento per tutte le fasi successive del ciclo di vita del software
- Verifica i requisiti con l'utente finale
- Prende decisioni fondamentali sulla strutturazione e sulla modularizzazione del software
- Fornisce la specifica delle funzionalità da realizzare

## Che cosa è lo schema concettuale

- Lo schema concettuale è costituito da:
  - Il **diagramma delle classi e degli oggetti**
    - Descrive le classi dell'applicazione e le loro proprietà; descrive anche gli oggetti particolarmente significativi
  - Il **diagramma degli use-case**
    - Descrive le funzionalità fondamentali che il sistema deve realizzare, in termini di scenari di utilizzo del sistema
  - Il **diagramma degli stati e delle transizioni**
    - Descrive, per le classi significative, il tipico ciclo di vita delle sue istanze
  - I **documenti di specifica**
    - Descrivono con precisione quali condizioni devono soddisfare i programmi che realizzano il sistema
    - Viene prodotto un documento di specifica per ogni classe, ed un documento di specifica per ogni use case



## Modelli e metodi per l'analisi

- Orientati alle funzioni (metodologie utilizzate in passato)
  - diagrammi funzionali
  - diagrammi di flusso di controllo
  - diagrammi di flusso di dati
- **Orientati agli oggetti** (metodologie utilizzate attualmente)
  - Booch
  - OOSE (Jacobson)
  - OMT (Rambaugh)
  - Coad-Yourdon
  - **Basati sul linguaggio UML**



## Seconda Parte

# La fase di analisi

- Cosa è l'analisi
- Introduzione al linguaggio UML
- Il linguaggio UML per l'analisi
- Metodologia di analisi



## Il linguaggio UML

- UML sta per **Unified Modeling Language**, perché il progetto UML nasce nel 1994 come unificazione di:
  - Booch
  - Rumbaugh: OMT (Object Medeling Technique)
  - Jacobson: OOSE (Object-Oriented Software Engineering)
- Storia
  - 1995: Versione 0.8 (Booch, Rumbaugh)
  - 1996: Versione 0.9 (Booch, Rumbaugh, Jacbson)
  - Versione 1.0 (BRJ + Digital, IBM, HP, ...)
  - 1999, 2004: Versione 1,3, 1.4, 1.5, UML si diffonde universalmente
  - 2005: Versione 2.0, nuova versione (estende la versione 1.5)
- Riferimento:
  - *G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson, "The unified modeling language user guide", Addison Wesley, 1999. (2° ed. 2005)*
  - *http://www.uml.org/*

# Diagrammi UML

- Diagrammi strutturali:
  - **Diagramma delle classi e degli oggetti** (*class and object diagram*)
- Diagrammi comportamentali:
  - **Diagramma degli use case** (*use case diagram*),
  - **Diagramma degli stati e delle transizioni** (*state/transition diagram*),
  - Interaction (Sequence e Collaboration diagram),
  - Activity diagram
- Diagrammi architetturali:
  - Component diagram
  - Deployment diagram



# Uso di UML nella nostra metodologia

- La metodologia che illustriamo in questo corso **si basa su UML**, ma non è esattamente la metodologia usualmente associata a UML
- Nella nostra metodologia di analisi noi useremo i seguenti diagrammi (e di questi diagrammi useremo solo le caratteristiche più importanti):
  - Diagrammi strutturali:
    - **Diagramma delle classi e degli oggetti** (class and object diagram)
  - Diagrammi comportamentali:
    - **Diagramma degli use case** (use case diagram),
    - **Diagramma degli stati e delle transizioni** (state/transition diagram)
- Useremo UML con alcune limitazioni e regole precise



# Diagramma delle classi e degli oggetti per l'analisi

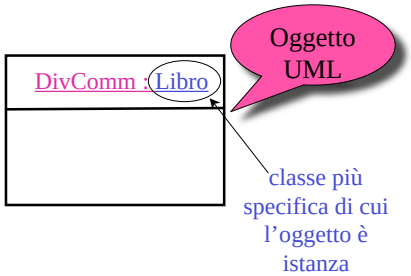
- Nella fase di analisi ci si concentra sulle **classi** più che sugli oggetti
- Gli oggetti servono essenzialmente per descrivere elementi singoli particolarmente significativi (oltre che per scopi didattici)
- Come detto in precedenza, noi faremo riferimento solo ad un sottoinsieme dei meccanismi previsti in UML per descrivere il diagramma delle classi



# Oggetti in UML

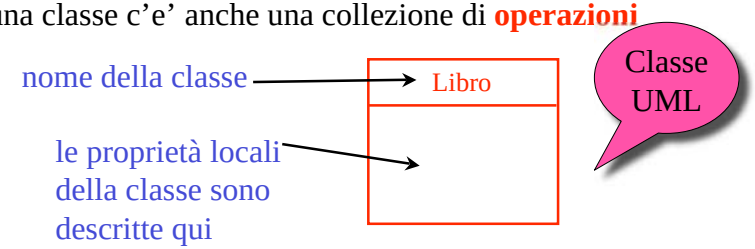
- Un **oggetto** in UML modella un elemento del dominio di analisi che
  - ha vita propria
  - è identificato univocamente mediante l'**identificatore** di oggetto
  - è istanza di una classe (la cosiddetta **classe più specifica** – vedremo che, in determinate circostanze, un oggetto è istanza di più classi, ma in ogni caso, tra le classi di cui un oggetto è istanza, esiste sempre la classe più specifica)

- DivComm è l'identificatore di oggetto
- Libro è la classe (più specifica) di cui l'oggetto è istanza
- Si noti la sottolineatura



# Classi in UML

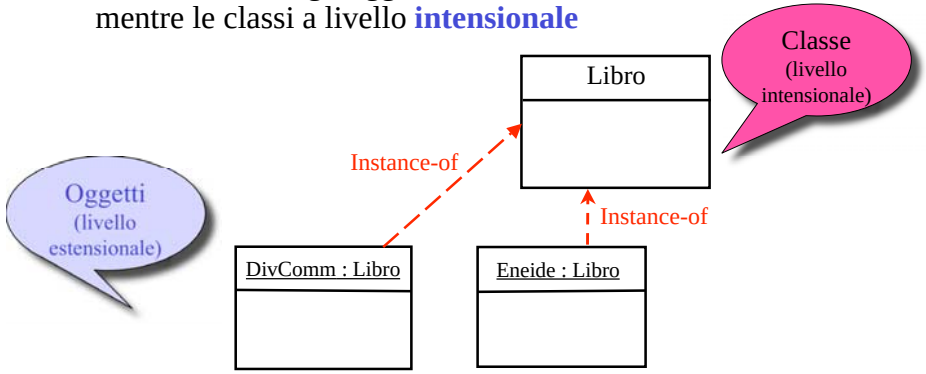
- Una **classe** modella un insieme di oggetti omogenei (le **istanze** della classe) ai quali sono associate proprietà statiche e dinamiche (operazioni). Ogni **classe** e' descritta da:
  - un **nome**
  - un **insieme di proprietà "locali"** (astrazioni delle proprietà comuni degli oggetti che sono istanze delle classi)
- In realtà la visione di una classe come un insieme è un pò semplicistica; vedremo infatti che associata agli oggetti di una classe c'e' anche una collezione di **operazioni**






# Rapporto tra classi e istanze

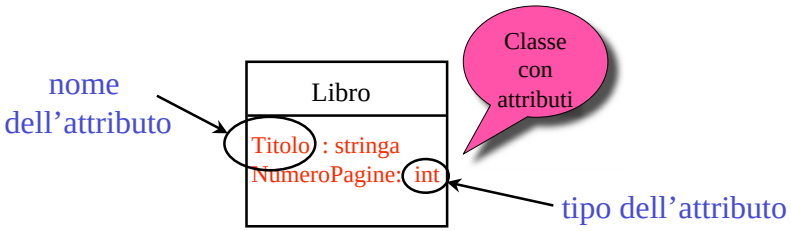
- Tra un oggetto che è istanza di una classe *C* e la classe *C* si traccia un arco **Instance-of** (l'arco in realtà non è strettamente necessario, perchè la classe di cui l'oggetto è istanza è già indicata nell'oggetto)
- Ricordiamo che gli oggetti formano il livello **estensionale**, mentre le classi a livello **intensionale**






# Proprietà di classi: attributi in UML

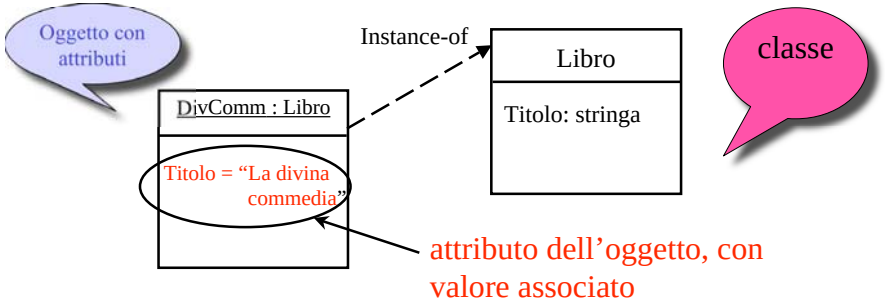
- Un **attributo** modella una proprietà **locale** della classe ed è caratterizzato da un nome e dal tipo dei valori associati
- Ogni attributo di una classe stabilisce una proprietà locale **valida per tutte le istanze** della classe. Il fatto che la proprietà sia locale significa che è un proprietà **indipendente da altri oggetti**
- Formalmente, un attributo *A* della classe *C* si può considerare una **funzione** che associa un valore di tipo *T* ad ogni oggetto che è istanza di *C*





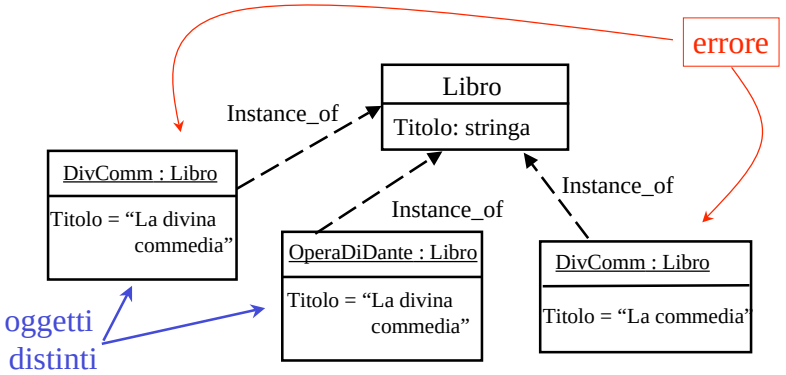

# Attributi di oggetti

- Gli attributi di una classe determinano gli attributi delle sue istanze
- Regola importante: se una classe *C* ha un attributo *A* di tipo *T*, **ogni** oggetto che è istanza di *C* ha l'attributo *A*, con un valore associato di tipo *T*
- Regola importante: un oggetto X non può avere un valore per un attributo non definito nella classe di cui X è istanza



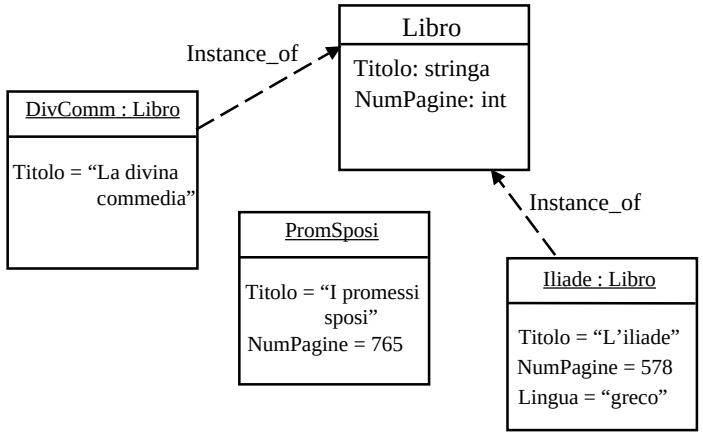
# Importanza dell'identificatore di oggetto

- Due oggetti con identificatori **diversi sono comunque distinti**, ***anche se hanno i valori di tutti gli attributi uguali***
- Due oggetti **diversi** devono avere **identificatori diversi**, anche se possono avere gli stessi valori per tutti gli attibuti





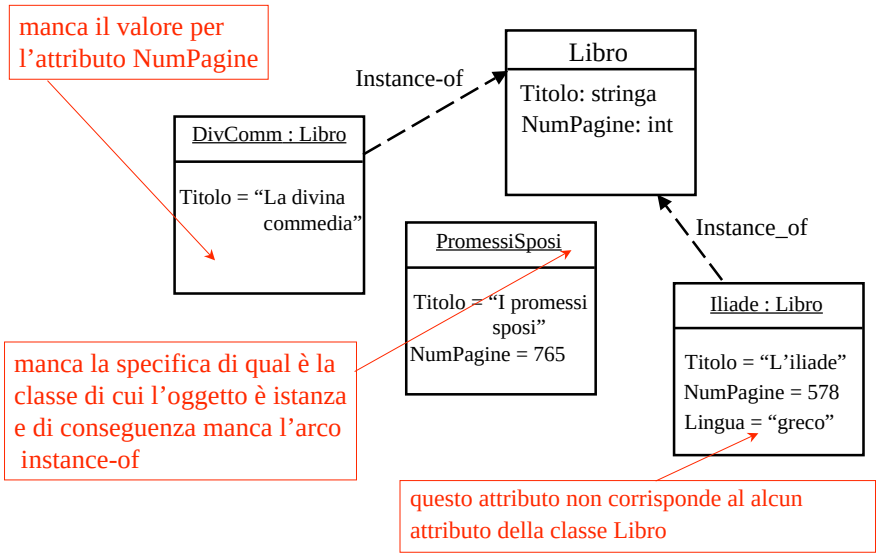

# Esercizio 1




Il diagramma è corretto? Se no, quali sono gli errori?

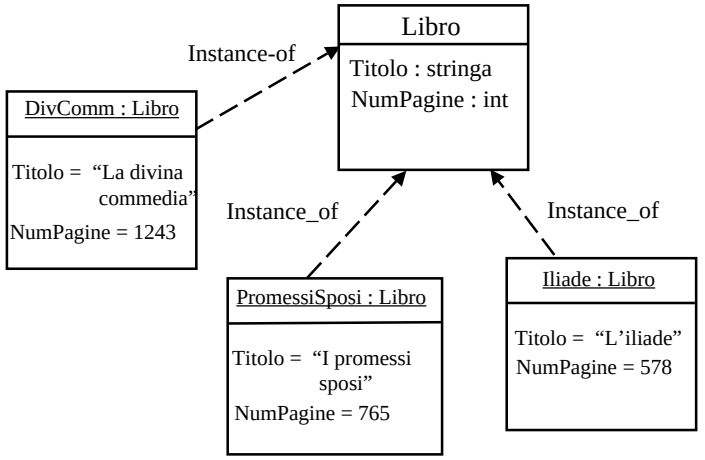


# Errori dell'esercizio 1






# Diagramma corretto per l'esercizio 1



## Osservazioni sulle classi

- Per tutto ciò che è stato detto finora, due classi diverse non possono avere istanze comuni. In altre parole, classi diverse modellano insiemi disgiunti (*torneremo su questo punto quando introdurremo la* ***generalizzazione***)
- Si noti la **distinzione tra oggetti** (istanze di classi) **e valori** (di un certo tipo):
  - un oggetto è istanza di una **classe** ed ha vita propria
  - un valore è un elemento di un **tipo**, ed ha senso solo se associato ad un oggetto tramite un attributo
- Il livello intensionale **determina** come è strutturato il livello estensionale



## Intermezzo: relazione matematica

- Se $S_1$ e $S_2$ sono due insiemi, una relazione $R$ tra $S_1$ e $S_2$ è un sottoinsieme del prodotto cartesiano tra $S_1$ e $S_2$

$$R \subseteq S_1 \times S_2$$

- Il prodotto cartesiano

$$S_1 \times S_2$$

tra $S_1$ e $S_2$ è l'insieme di tutte le coppie $<x,y>$ tali che $x \in S_1$ e $y \in S_2$

- Ovviamente, la nozione si estende banalmente a relazioni tra $n$ insiemi: $R \subseteq S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n$



## Intermezzo: relazione matematica

- Consideriamo gli insiemi $S_1 = \{1, 2, 3\}$ $S_2 = \{a, b\}$
- Prodotto cartesiano:

  $S_1 \times S_2 = \{ <1,a>, <1,b>, <2,a>, <2,b>, <3,a>, <3,b> \}$
- Esempio di relazione tra $S_1$ e $S_2$ :

  $R \subseteq S_1 \times S_2 = \{ <1,a>, <1,b>, <2,a> \}$
- Si noti come una relazione $R$ selezioni un sottoinsieme degli elementi del prodotto cartesiano, quelli che sono significativi rispetto al significato della relazione $R$



## Intermezzo: relazione matematica

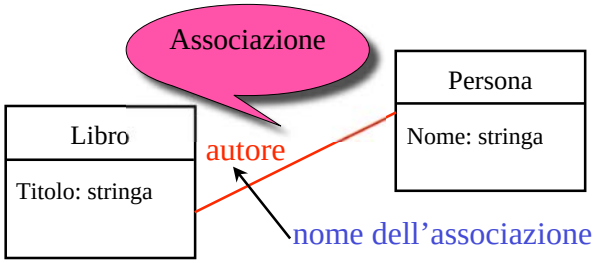
- Consideriamo gli insiemi
  studente = {Paolo, Anna, Lucia}
  esame = {Analisi, Geometria}
- Esempio di relazione "sostenuto" tra "studente" ed "esame":

  sostenuto = {<Paolo,Analisi>, <Anna,Analisi>, <Anna,Geometria>}
- Si noti come, tra tutte le coppie del prodotto cartesiano tra "studente" ed "esame", la relazione "sostenuto" seleziona un insieme di coppie, e cioè solo le coppie $<x,y>$ tali che lo studente $x$ ha sostenuto l'esame $y$

# Proprietà di classi: associazioni in UML

- Per il momento, ci limitiamo a discutere associazioni tra due classi (ma le associazioni possono coinvolgere N classi)
- Una **associazione** (o relazione) tra una classe $C_1$ ed una classe $C_2$ modella una relazione matematica tra l'insieme delle istanze di $C_1$ e l'insieme delle istanze di $C_2$
- Gli attributi modellano proprietà locali di una classe, le associazioni modellano **proprietà che coinvolgono altre classi**. Una associazione tra due classi modella una proprietà di **entrambe le classi**

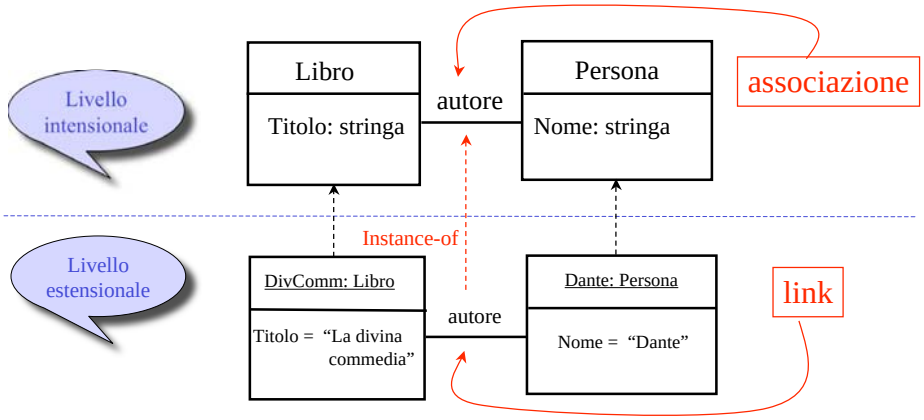
Nota: "autore" è una proprietà sia di libro sia di persona






# Istanze di associazioni: link

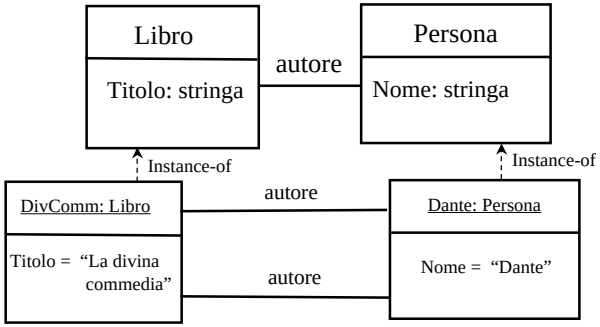
- Le istanze di associazioni si chiamano **link**: se $A$ è una associazione tra le classi $C_1$ e $C_2$, una istanza di $A$ è un link tra due oggetti (in altre parole, una **coppia**), uno della classe $C_1$ e l'altro della classe $C_2$






# Istanze di associazioni: link

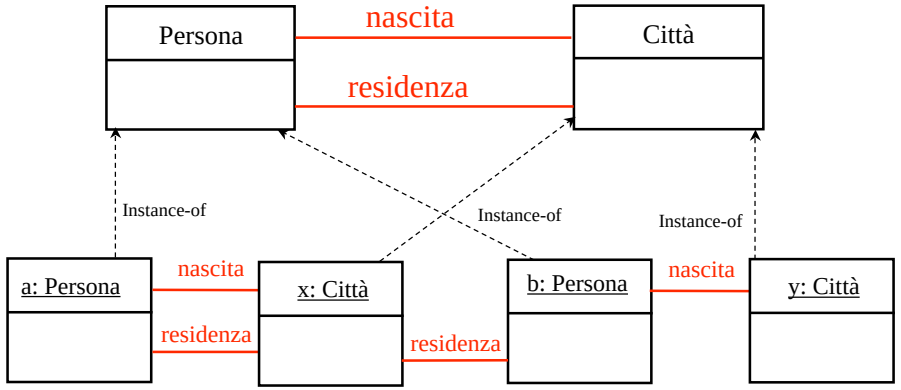
- Come gli oggetti sono istanze delle classi, così i link sono **istanze delle associazioni** (gli archi instance-of non sono necesssari)
- Al contrario degli oggetti, però, i link non hanno identificatori espliciti: **un link è implicitamente identificato dalla coppia (o in generale dalla ennupla) di oggetti che esso rappresenta**
- Ciò implica, ad esempio, che il seguente diagramma è errato:





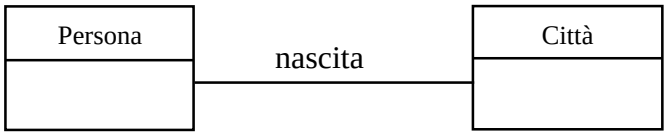

# Più associazioni tra due classi

- Ovviamente, tra le stesse due classi possono essere definite più associazioni



# Ancora sulle associazioni in UML

- Attenzione: una relazione $R$ tra $C_1$ e $C_2$ non dice nulla sul numero di link di $R$ che coinvolgono due istanze delle classi $C_1$ e $C_2$. Ad esempio, dato questo diagramma:




  - Una istanza di Persona può essere legata a **zero, una, o più** istanze di Città da link di tipo "nascita"
  - *Vedremo successivamente* come si possono specificare condizioni sul numero di link che coinvolgono un oggetto in UML (ad esempio per imporre che ogni istanza deve avere esattamente un link di tipo "nascita" con una istanza di Città)



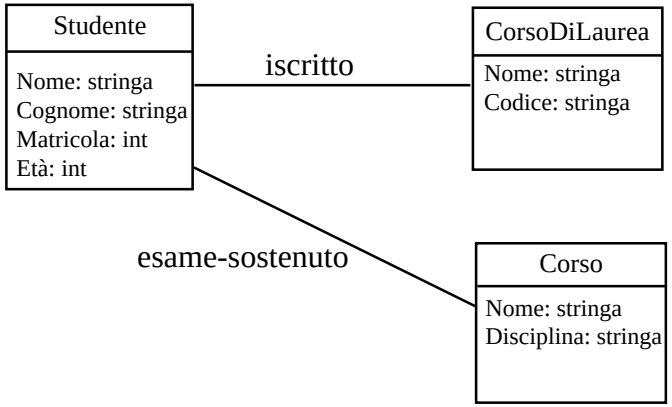
# Esempio

Tracciare il diagramma delle classi corrispondenti alle seguenti specifiche:

*Si vogliono modellare gli studenti (con nome, cognome, numero di matricola, età), il corso di laurea in cui sono iscritti, ed i corsi di cui hanno sostenuto l'esame. Di ogni corso di laurea interessa il codice e il nome. Di ogni corso interessa il nome e la disciplina a cui appartiene (ad esempio: matematica, fisica, informatica, ecc.).*

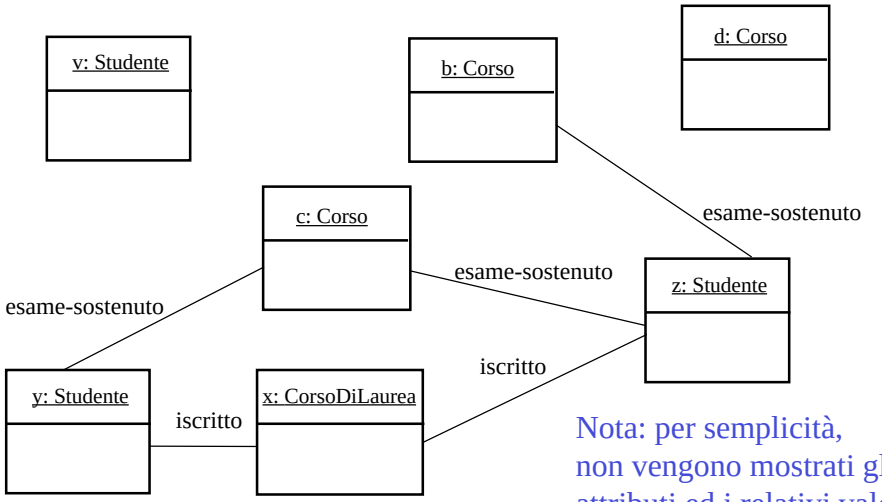


# Diagramma delle classi per l'esempio






# Esempi di oggetti




Nota: per semplicità, non vengono mostrati gli attributi ed i relativi valori

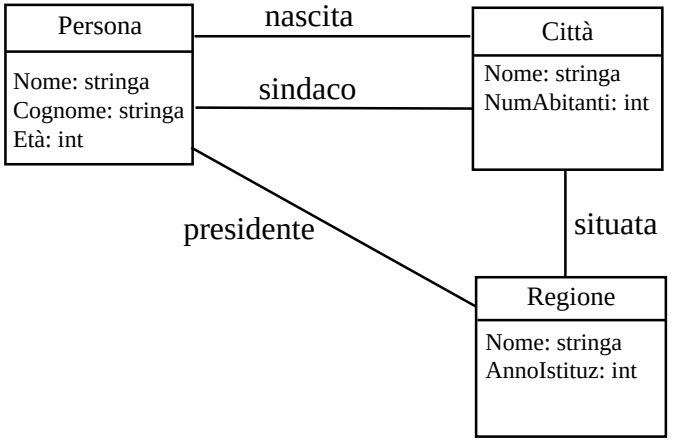
# Esercizio 2

Tracciare il diagramma delle classi corrispondenti alle seguenti specifiche:

*Si vogliono modellare le persone (con nome, cognome, età), le città di nascita (con nome, numero di abitanti, e sindaco), e le regioni in cui si trovano le città (con nome, anno di istituzione, e presidente).*

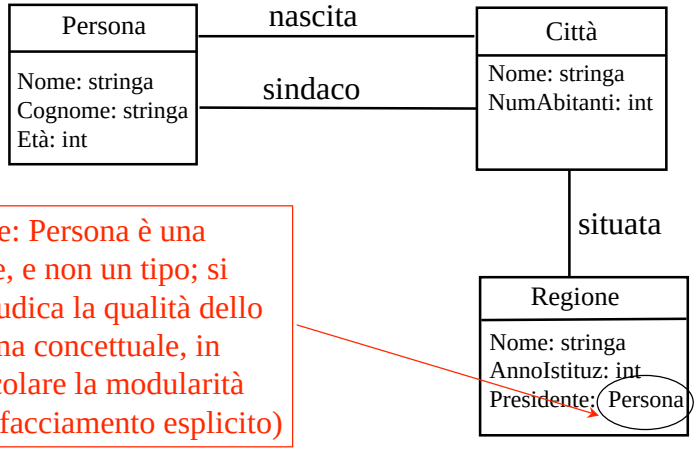


# Soluzione dell'esercizio 2





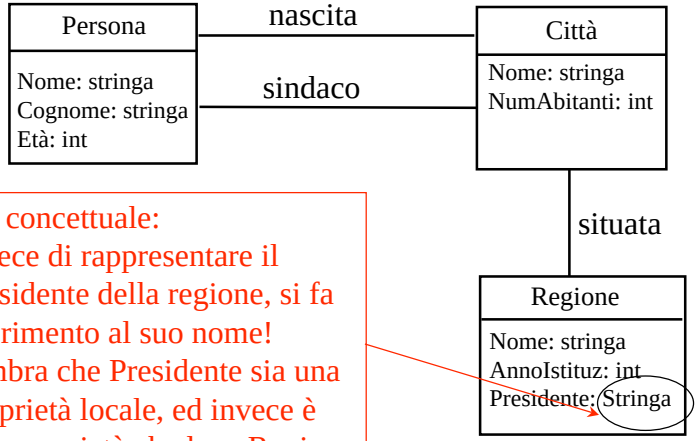

# Possibile errore nell'esercizio 2




Errore: Persona è una classe, e non un tipo; si pregiudica la qualità dello schema concettuale, in particolare la modularità (interfacciamento esplicito)



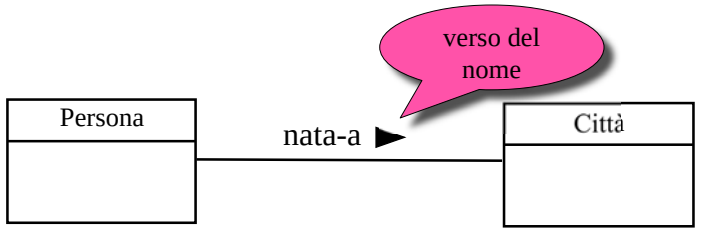
# Possibile errore nell'esercizio 2




Errore concettuale:
- invece di rappresentare il Presidente della regione, si fa riferimento al suo nome!
- sembra che Presidente sia una proprietà locale, ed invece è una proprietà che lega Regione a Persona.

# Nomi di associazioni

- Alcune volte è interessante specificare un verso per il nome della associazione

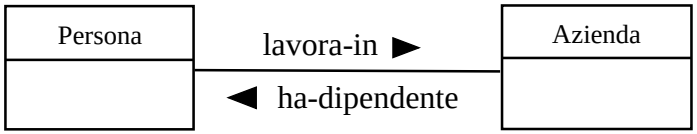



- Attenzione: la notazione riportata sopra non significa che l'associazione è navigabile (attraversabile) solo in un verso
- In altre parole, il verso non è una caratteristica del significato della associazione, ma dice semplicemente che il nome scelto per la associazione evoca un verso (nell'esempio, il verso è dalla Persona alla Città)



# Nomi di associazioni

- È anche possibile assegnare due nomi con i relativi versi alla stessa associazione

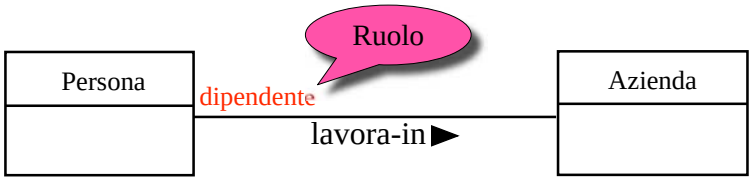



- Osserviamo ancora che le frecce che simboleggiano il verso non aggiungono nulla al significato della associazione (che formalmente si può considerare sempre una relazione matematica), ma aiutano ad interpretare il senso dei nomi scelti per l'associazione
- Le frecce che simboleggiano il verso si indicano anche nel link che sono istanze delle associazioni



# Ruoli nelle associazioni

- È possibile aggiungere alla associazione una informazione che specifica il ruolo che una classe gioca nella associazione




- Il ruolo si indica con un nome posizionato lungo la linea che rappresenta l'associazione, vicino alla classe alla quale si riferisce
- Nell'esempio, dipendente è il ruolo che la persona gioca nell'associazione "lavora-in" con Azienda

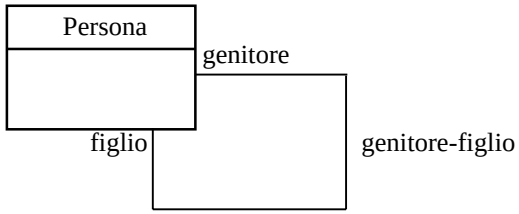


# Ruoli nei link

- Se nella associazione *A* è indicato il ruolo giocato dalla classe *C*, tale ruolo sarà indicato (vicino alla corrispondente istanza di *C*) in ogni link che è istanza di *A*
- Esempio:

# Ancora sui ruoli

- Analogamente al verso, il ruolo è generalmente opzionale, e non aggiunge nulla al significato del'associazione
- L'unico caso in cui il ruolo è **obbligatorio** è quello in cui l'associazione insiste più volte sulla stessa classe, e rappresenta una relazione non simmetrica
- Esempio:

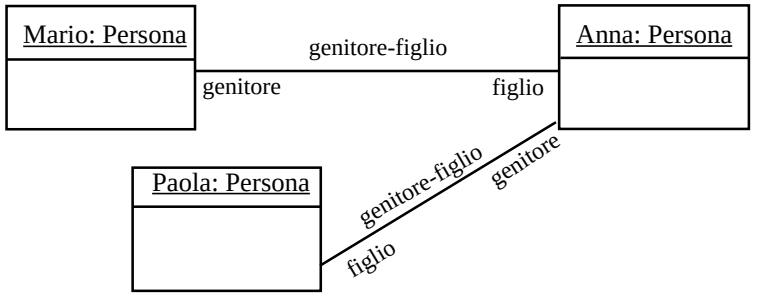



- Se non fossero indicati i ruoli nell'associazione "genitore-figlio", non sapremmo interpretare correttamente i link che sono istanze dell'associazione



# Osservazioni sui ruoli

Esempio della necessità dei ruoli nei link:

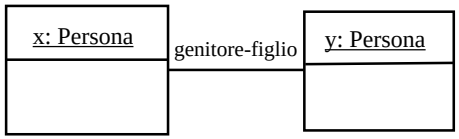



Se non fossero indicati i ruoli nell'associazione "genitore-figlio", non sapremmo interpretare correttamente i link che sono istanze dell'associazione



# Importanza dei ruoli

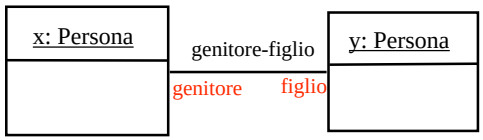
**Senza ruoli non è chiaro chi è il genitore e chi il figlio.** In altre parole, dalla coppia <*x*,*y*> in genitore-figlio non si evincono i ruoli di *x* e *y*




**Con i ruoli, non c'è più ambiguità.** Formalmente, il link è ora una coppia etichettata:

*<genitore:x, figlio:y>*

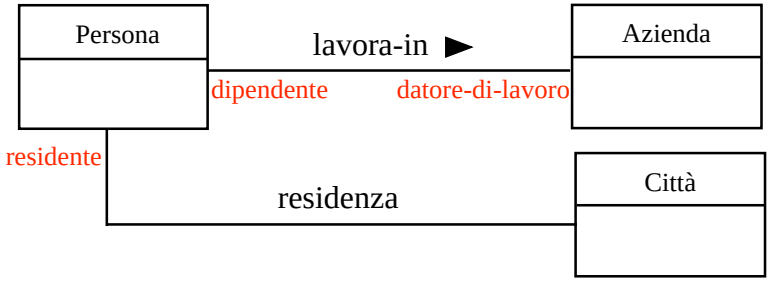
dalla quale si evincono i ruoli di *x* e *y*





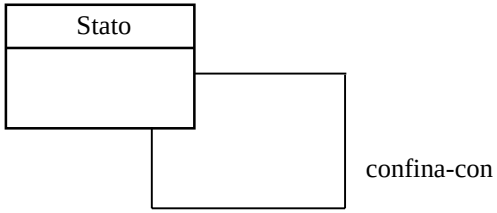

# Importanza dei ruoli

Anche nei casi in cui non è strettamente necessario, il ruolo può essere utile per aumentare la leggibilità del diagramma



# Casi di ruoli non significativi

- Ci sono casi in cui l'associazione insiste più volte sulla stessa classe, ma il ruolo non è significativo, in particolare quando l'associazione rappresenta una **relazione simmetrica**
- Esempio:






# Esercizio

Considerare le seguenti relazioni fra persone:

1. Essere amico
2. Essere coniuge
3. Essere collega di lavoro
4. Essere superiore (nell'ambito del lavoro)

Per quali fra esse prevedereste dei ruoli?

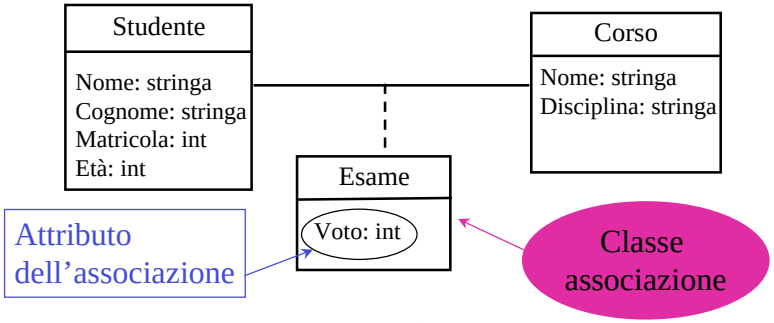
In tal caso, quali nomi sceglieresti?



# Attributi di associazione

Analogamente alle classi, anche **le associazioni possono avere attributi**. Formalmente, un attributo di una associazione è una **funzione** che associa ad ogni link che è istanza dell'associazione un valore di un determinato tipo

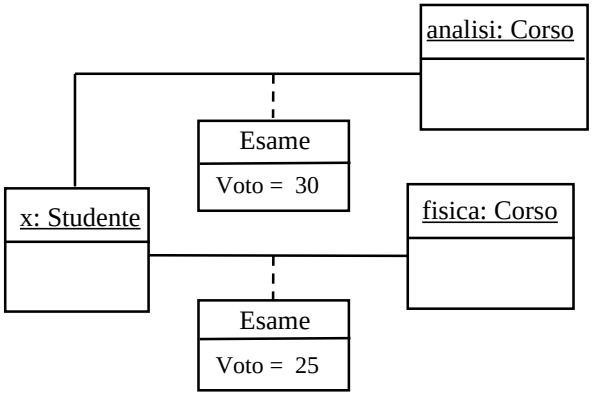
Esempio: Voto non è una proprietà nè di Studente, nè di Corso, ma della associazione Esame tra Studente e Corso





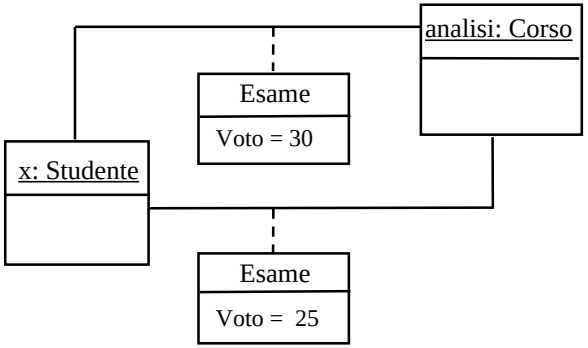

# Attributi nei link

Ovviamente, se una associazione ha un attributo, ogni link che è istanza dell'associazione avrà un valore per quell'attributo



# Attributi nei link

Con la presenza degli attributi, il significato dell'associazione (relazione matematica) non cambia. Quindi questo è un errore:





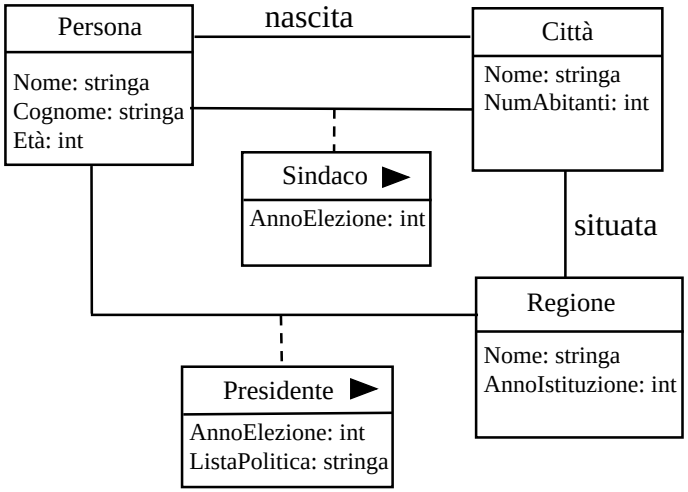

# Esercizio 3

Tracciare il diagramma delle classi corrispondenti alle seguenti specifiche:

*Si vogliono modellare le persone (con nome, cognome, età), le città di nascita (con nome, numero di abitanti, e sindaco, compresa l'indicazione dell'anno di elezione), e le regioni in cui si trovano le città (con nome, anno di istituzione, e presidente, con l'anno di elezione e lista politica in cui è stato eletto).*



# Soluzione dell'esercizio 3

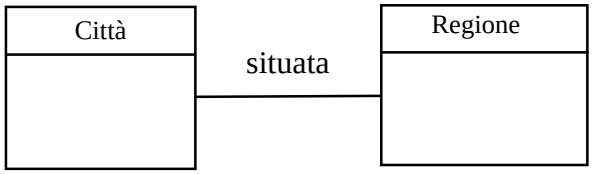





# Esercizio

- Con riferimento al diagramma delle classi precedente, è possibile:
  1. Rappresentare che Antonio è nato a Milano ed è sindaco di Roma, eletto nel 1987?
  2. Inoltre, che Francesco è nato a Roma ed è sindaco di Roma, eletto nel 1992?
  3. Inoltre, che Walter è nato a Roma ed è sindaco di Roma, eletto nel 1999?
  4. Inoltre, che Francesco è stato eletto nuovamente sindaco di Roma nel 2003?

# Significato delle associazioni



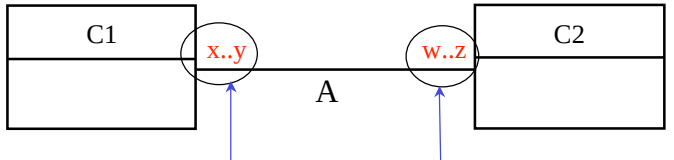

*Quali delle seguenti cose ci dice questo diagramma delle classi?*

- Ogni città è situata in una regione
- Ogni regione ha delle città in essa situate
- Alcune città sono situate in una regione
- Alcune regioni hanno città situate in esse
- Nessuna delle precedenti (specificare)



# Molteplicità delle associazioni

- Per specificare con maggiore precisione il significato delle **associazioni binarie** (non ennarie – vedi dopo) si possono definire i **vincoli di molteplicità** (*o semplicemente molteplicità*) delle associazioni



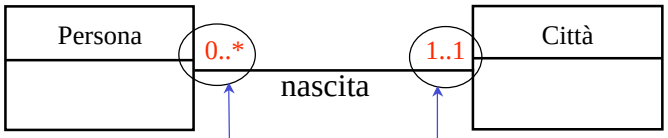

Ogni istanza di **C2** è legata ad **almeno x e al massimo y** istanze di C1 mediante l'associazione A

Ogni istanza di **C1** è legata ad **almeno w e al massimo z** istanze di C2 mediante l'associazione A



# Molteplicità delle associazioni

- Esempio: ogni istanza di Persona deve essere legata ad esattamente una istanza (cioè ad almeno una e al massimo una) istanza di Città da link della associazione "nascita"




Non ci sono vincoli di molteplicità per le città: *in una Città può essere nato un numero qualunque di persone*

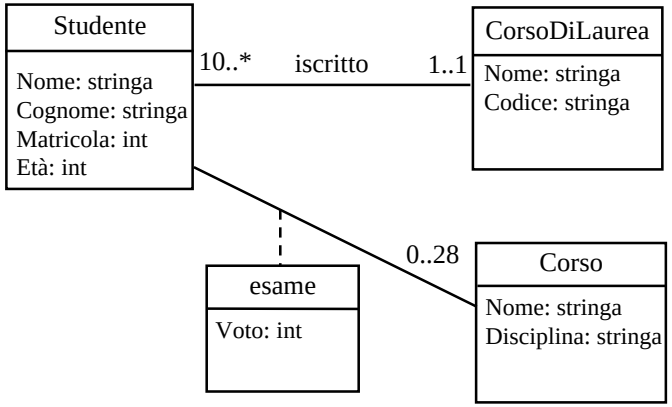
Vincolo di molteplicità: *ogni persona ha esattamente una città di nascita*



# Molteplicità delle associazioni: notazione

- Le molteplicità si definiscono solo per le associazioni binarie
- Possibili molteplicità:
  - 0 .. * (nessun vincolo, si può evitare di indicare)
  - 0 .. 1 (nessun limite per il minimo, e al massimo una)
  - 1 .. * (al minimo una, e nessun limite per il massimo)
  - 1 .. 1 (esattamente una)
  - 0 .. y (nessun limite per il minimo, e al massimo y, con y intero > 0)
  - x .. * (al minimo x, con x intero ≥ 0, e nessun limite per il massimo)
  - x .. y (al minimo x e al massimo y, con x ,y interi, x ≥ 0 e y ≥ x)

# Esempi di molteplicità




- Ogni studente è iscritto ad un corso di laurea
- Ogni corso di laurea ha almeno 10 iscritti
- Ogni studente può sostenere al massimo 28 esami

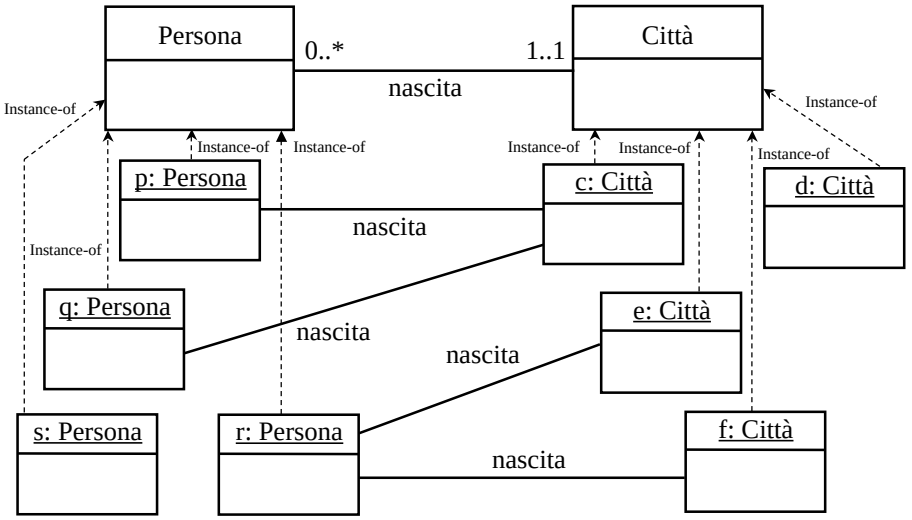


# Esercizio

- Con riferimento al diagramma delle classi precedente, è possibile:
  1. Che uno studente non sia iscritto ad alcun corso di laurea?
  2. Che uno studente sia iscritto a due corsi di laurea differenti?
  3. Che ci siano esattamente 11 studenti, tutti iscritti allo stesso corso di laurea?
  4. Che ci siano esattamente 3 studenti?
  5. Che ci siano esattamente 10 studenti?

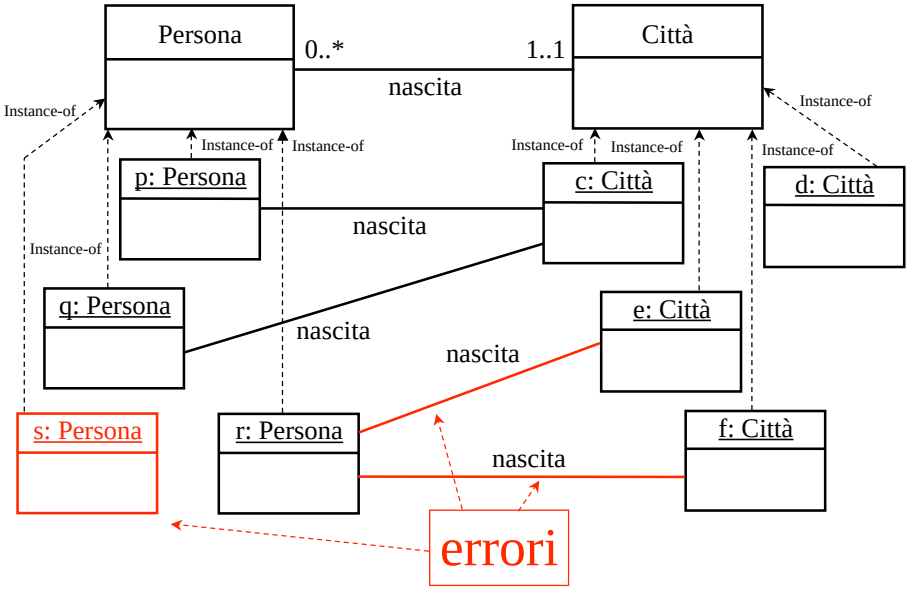


# Esercizio 4: individuare gli errori



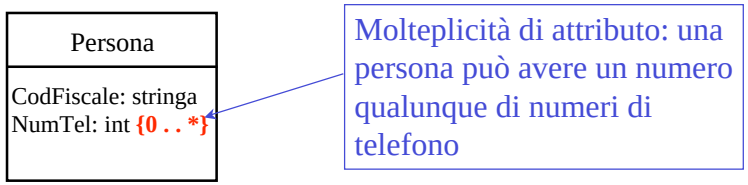



# Soluzione dell'esercizio 4



# Molteplicità di attributi

- Si possono specificare anche le molteplicità degli attributi. Se le molteplicità di un attributo *B* di tipo *T* di una classe *C* non vengono indicate, vuol dire che *B* associa ad ogni istanza di *C* esattamente un valore di *T* (come detto prima), che è equivalente a dire che la molteplicità è **1..1**
- Al contrario, se un attributo *B* di tipo *T* di una classe *C* ha molteplicità ***x .. y***, allora *B* associa ad ogni istanza di *C* al minimo *x* e al massimo *y* valori di tipo *T*

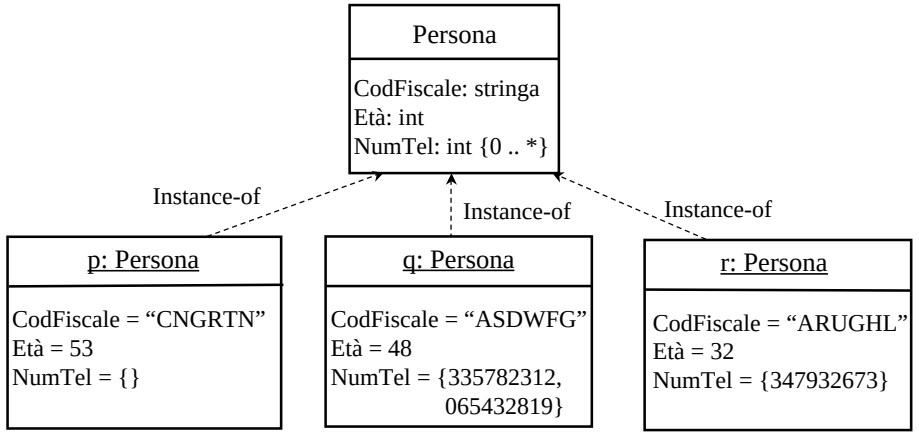



Un attributo di tipo *T* della classe *C* con molteplicità diversa da {1..1} si dice **multivalore**, e formalmente non è una funzione totale, ma una relazione tra la classe *C* ed il tipo *T*



# Attributi multivalore nelle istanze

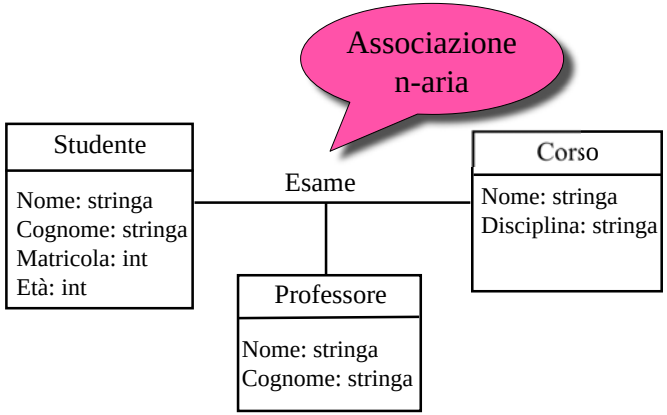
Nelle istanze, il valore di un attributo multivalore si indica mediante un insieme






# Associazioni n-arie

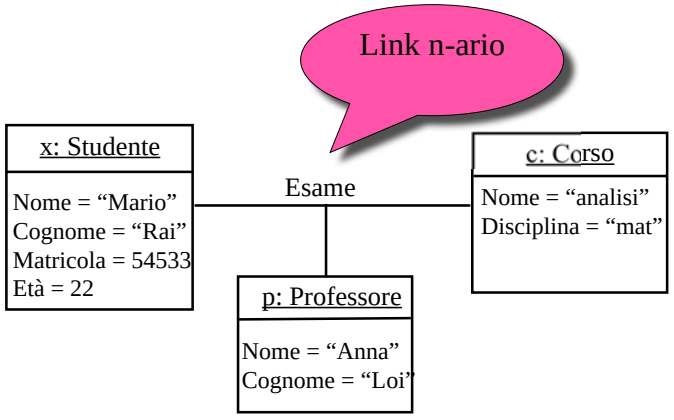
Una associazione può essere definita su tre o più classi. In tale caso l'associazione si dice **n-aria**, e modella una **relazione matematica tra n insiemi**





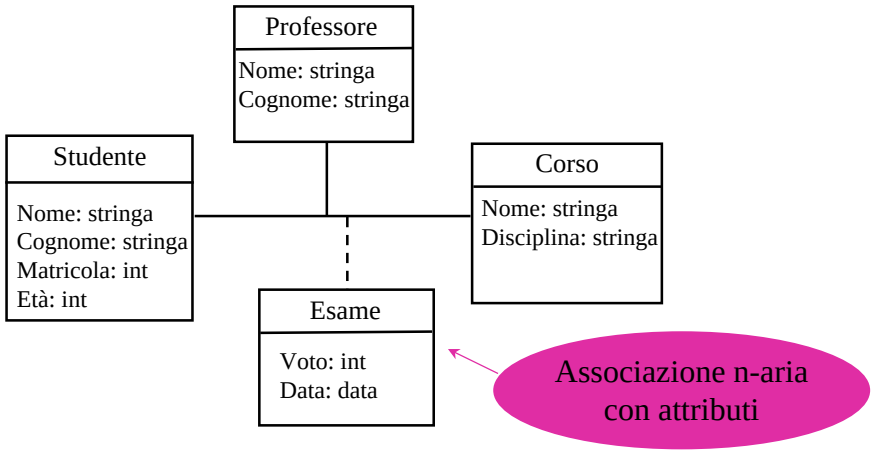

# Istanze di associazioni n-arie: link n-ari

Ogni istanza di una associazione n-aria è un **link n-ario**, cioè che coinvolge **n oggetti** (***è una ennupla***)



# Associazioni n-arie con attributi

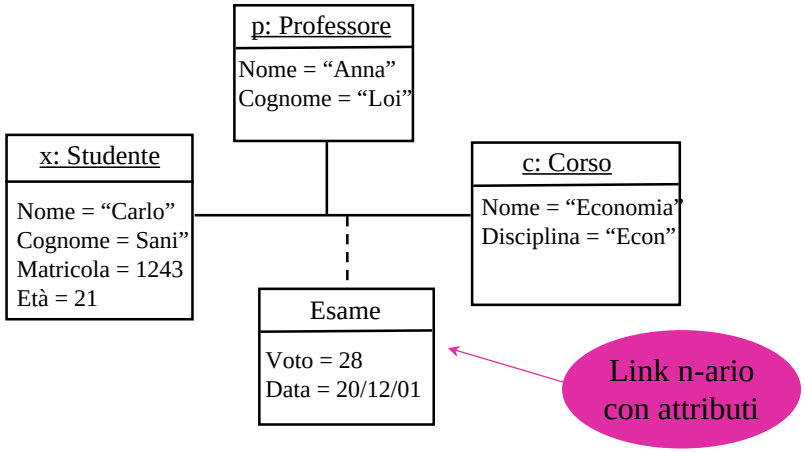
Ovviamente, anche le associazioni n-arie possono avere attributi






# Link n-ari con attributi

I link che sono istanze di associazioni n-arie con attributi, hanno un valore per ogni attributo






# Associazioni n-arie e molteplicità

- Ci sono diversi vincoli di molteplicità che sarebbe di interesse esprimere su associazioni n-arie (*vedi Corso di Basi di Dati*)…
- …tuttavia noi in questo corso non li studieremo in modo specifico, ne considereremo la notazione per esprimerli in UML.
- Qualora avessimo bisogno di specificare un vincolo di molteplicità lo faremo in linguaggio testuale con un commento.

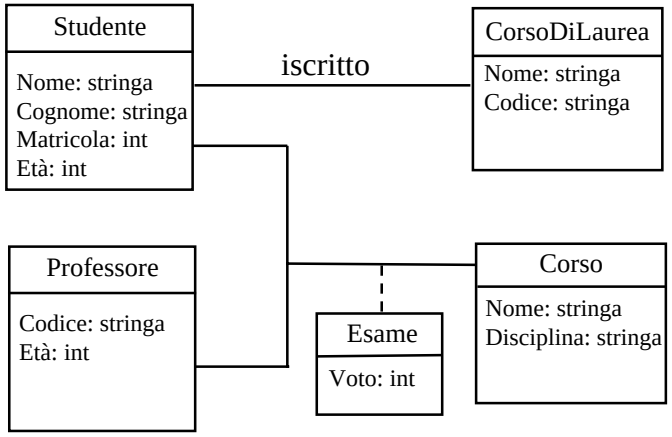


# Esempio

Tracciare il diagramma delle classi corrispondenti alle seguenti specifiche:

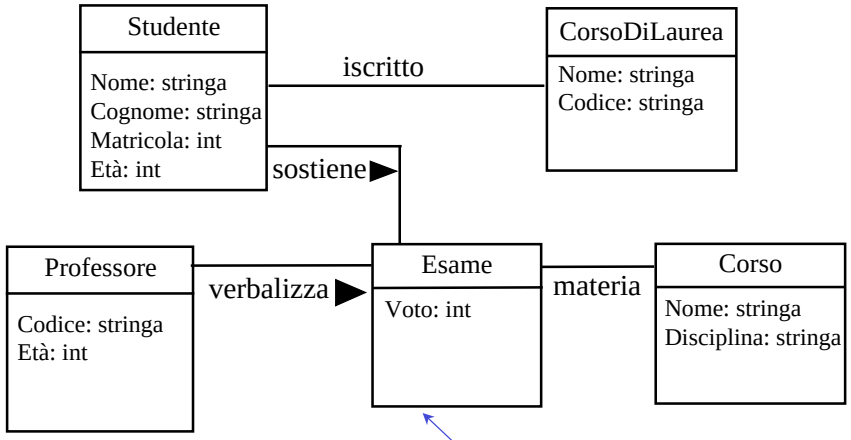
*Si vogliono modellare gli studenti (con nome, cognome, numero di matricola, età), il corso di laurea in cui sono iscritti, ed i corsi di cui hanno sostenuto l’esame, con il professore che ha verbalizzato l’esame, ed il voto conseguito. Di ogni corso di laurea interessa il codice e il nome. Di ogni corso interessa il nome e la disciplina a cui appartiene (ad esempio: matematica, fisica, informatica, ecc.). Di ogni professore interessa codice ed età.*

# Diagramma delle classi per l'esempio





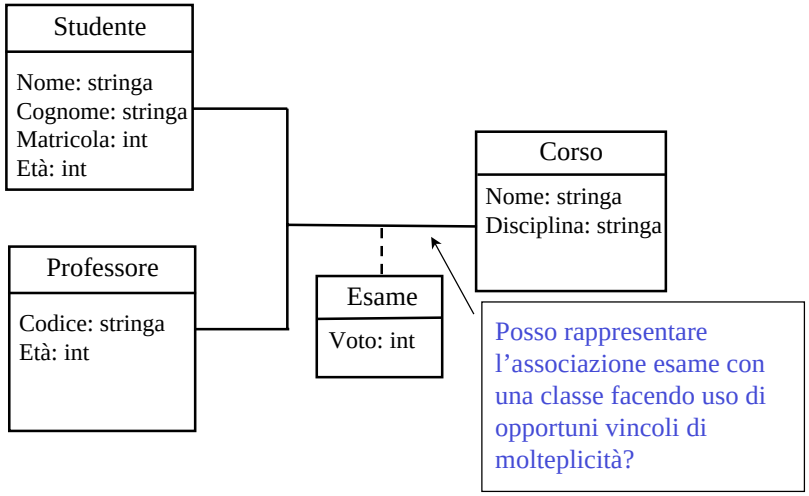

# Soluzione scorretta per l'esempio




In questo diagramma, "esame" è una classe. Qual è l'errore?



# Torniamo alla associazione n-aria

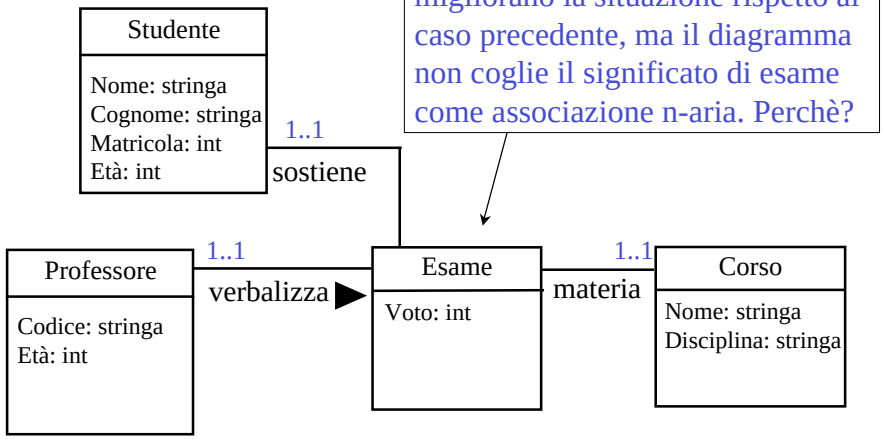



Posso rappresentare l'associazione esame con una classe facendo uso di opportuni vincoli di molteplicità?



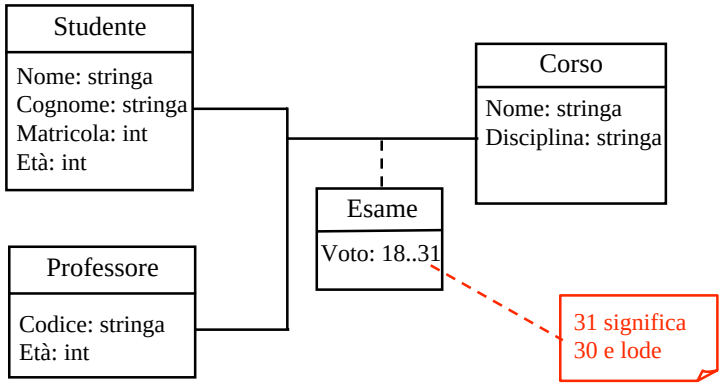
# Soluzione scorretta

In questo diagramma, "esame" è una classe. Le molteplicità migliorano la situazione rispetto al caso precedente, ma il diagramma non coglie il significato di esame come associazione n-aria. Perchè?



# Commenti in UML

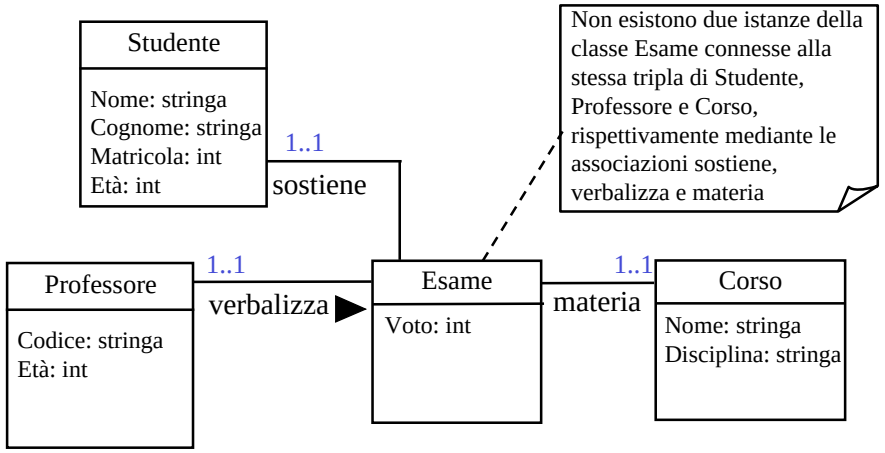
In UML, quando si vuole specificare una caratteristica che non è possibile rappresentare esplicitamente nel diagramma con i meccanismi visti finora, si può usare la nozione di commento






# Esempio di uso dei commenti

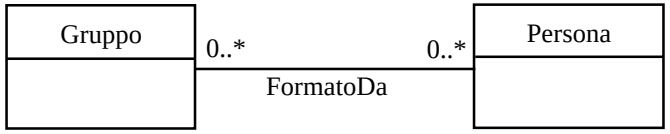
In questo modo, il diagramma modella il concetto di Esame in modo equivalente ad una associazione n-aria tra Studente, Professore e Corso






# Associazioni ordinate (0)

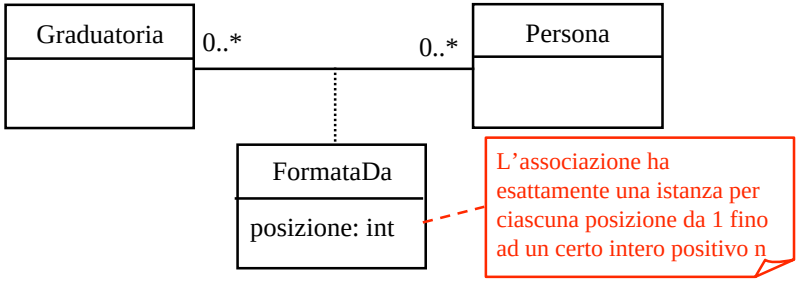
- Supponiamo di voler descrivere gruppi di persone …
- Un gruppo è formato da persone. Ogni persona può apparire in un gruppo al più una volta (ovviamente ciascuna persona può fare parte di 0, 1, molti gruppi)
- In UML possiamo rappresentare questo scenario come segue:





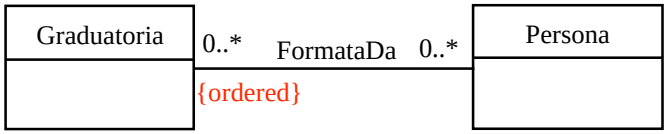

# Associazioni ordinate (1)

- Consideriamo ora invece una graduatoria di persone…
- Una graduatoria ha un certo numero di posizioni ciascuno occupato da una sola persona *(non consideriamo pari metito in questo esempio)* e una persona può apparire un una graduatoria al più una volta.
- Una possibile rappresentazione in UML è:



# Associazioni ordinate (2)

- La situazione descritta nell'esempio Graduatoria è molto comune, si pensi alla scaletta di un concerto, ad una presentazione formata da una sequenza di slide, ecc.
- L'attributo posizione serve **solo** a mantenere questo ordine (e per svolgere il suo lavoro deve sempre rispettare il vincolo del commento)
- In UML si può semplificare la descrizione utilizzando l'asserzione {ordered}




- {ordered} posto vicino a Graduatoria dice che data una istanza *g* di Graduatoria le istanze della associazione FormataDa che coinvolgono *g* sono ordinate (senza menzionare quale attributo utilizziamo per mantenere l'ordine).



# Associazioni ordinate (3)

- La soluzione con **{ordered}** e da preferire alla soluzione con un attributo esplicito "posizione" perchè
  - è più semplice (non fa uso di vincoli esterni -espressi nei commenti) ed è quindi **più leggibile**
  - **astrae** da come verrà mantenuta l'informazione sull'**ordine** evitando di introdurre uno specifico attributo ("posizione") necessario a questo scopo

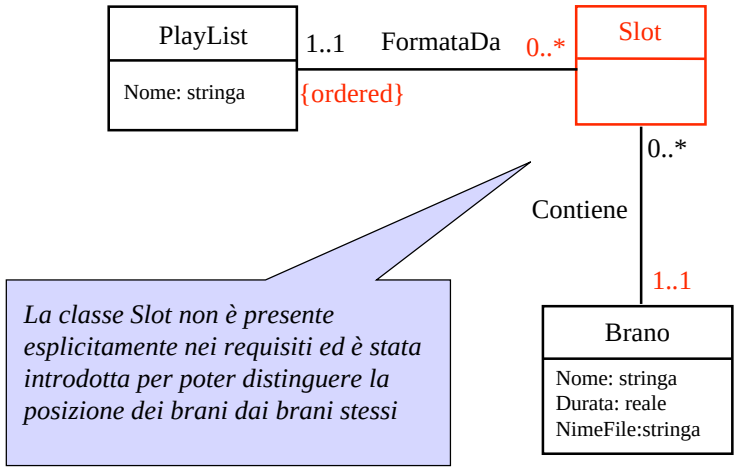


# Esercizio

*Rappresentare in un diagramma delle classi UML playlist costituite da un nome (una stringa) e da un elenco di brani eventualmente ripetuti. Ciascun brano è caratterizzato dal nome (una stringa), la durata (un reale) e il nome del file (una stringa)*



# Soluzione



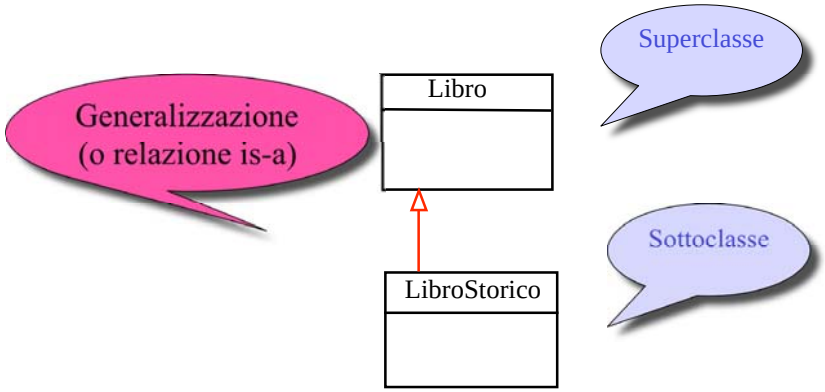
# Generalizzazione in UML

- Fino ad ora abbiamo assunto che due classi siano sempre disgiunte. In realtà sappiamo che può accadere che tra due classi sussista la relazione **is-a**, e cioè che **ogni istanza di una sia anche istanza dell'altra**.
- In UML la relazione is-a si modella mediante la nozione di **generalizzazione**
- La generalizzazione coinvolge una superclasse ed una o più sottoclassi (dette anche **classi derivate**). Il significato della generalizzazione è il seguente: **ogni istanza di ciascuna sottoclasse è anche istanza della superclasse**
- Quando la sottoclasse è una, la generalizzazione modella appunto la **relazione is-a** tra la sottoclasse e la superclasse



# Generalizzazione in UML

Esempio di generalizzazione (siccome la generalizzazione coinvolge due classi, essa modella la relazione is-a):



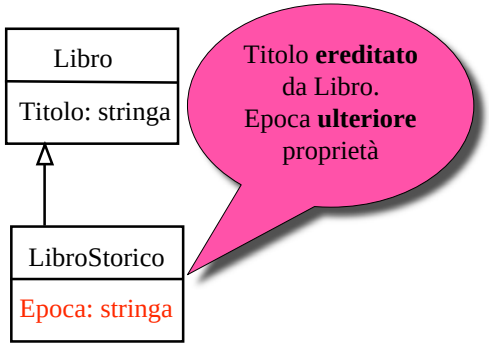



# Ereditarietà in UML

Principio di ereditarietà: **ogni proprietà della superclasse è anche una proprietà della sottoclasse, e non si riporta esplicitamente nel diagramma**

Dal fatto che
1. Ogni istanza di Libro ha un Titolo
2. Ogni istanza di LibroStorico è una istanza di Libro

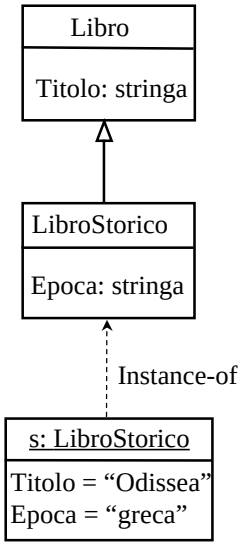
segue logicamente che
3. Ogni istanza di LibroStorico ha un Titolo




*Ragionamento sillogistico (cfr. opera di Aristotele più di due millenni fa)*

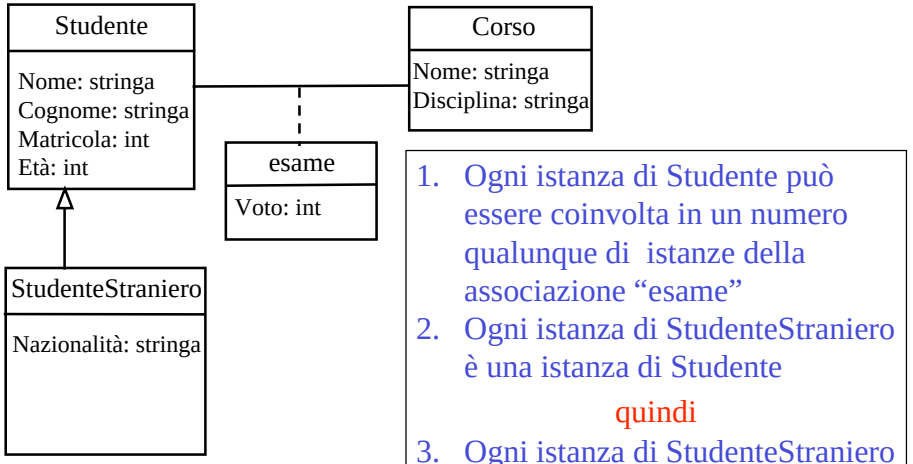


# Ereditarietà in UML: istanze




- s è istanza sia di LibroStorico (classe più specifica) sia di Libro
- non è più vero che due classi diverse sono disgiunte: Libro e LibroStorico non sono ovviamente disgiunte
- resta comunque vero che ogni istanza ha una ed una sola classe più specifica di cui è istanza; in questo caso la classe più specifica di s è LibroStorico
- s ha un valore per tutti gli attributi di LibroStorico, sia quelli propri, sia quelli ereditati dalla classe Libro

# Ereditarietà sulle associazioni



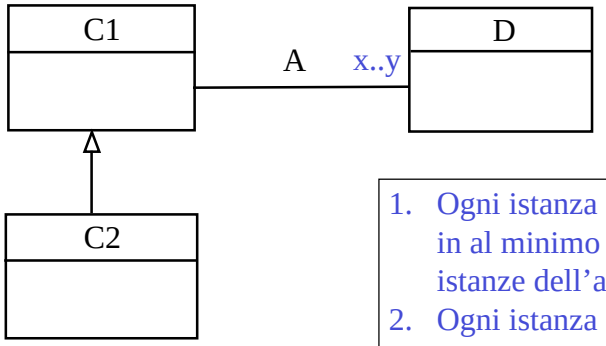

1. Ogni istanza di Studente può essere coinvolta in un numero qualunque di istanze della associazione “esame”
2. Ogni istanza di StudenteStraniero è una istanza di Studente

quindi

3. Ogni istanza di StudenteStraniero può essere coinvolta in un numero qualunque di istanze della associazione “esame”



# Ereditarietà sulle molteplicità



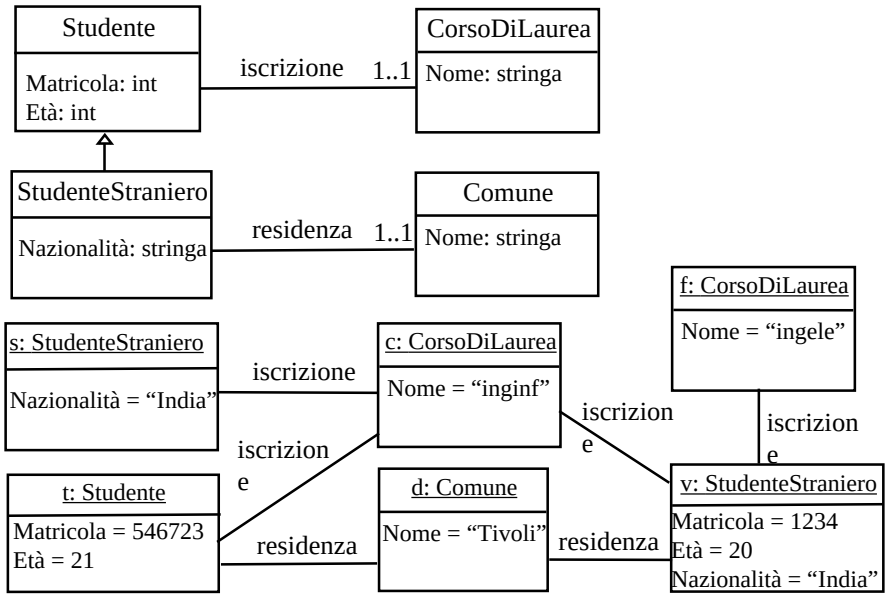

1. Ogni istanza di $C_1$ è coinvolta in al minimo $x$ e al massimo $y$ istanze dell’associazione $A$
2. Ogni istanza di $C_2$ è una istanza di $C_1$

quindi

3. Ogni istanza di $C_2$ è coinvolta in al minimo $x$ e al massimo $y$ istanze dell’associazione $A$

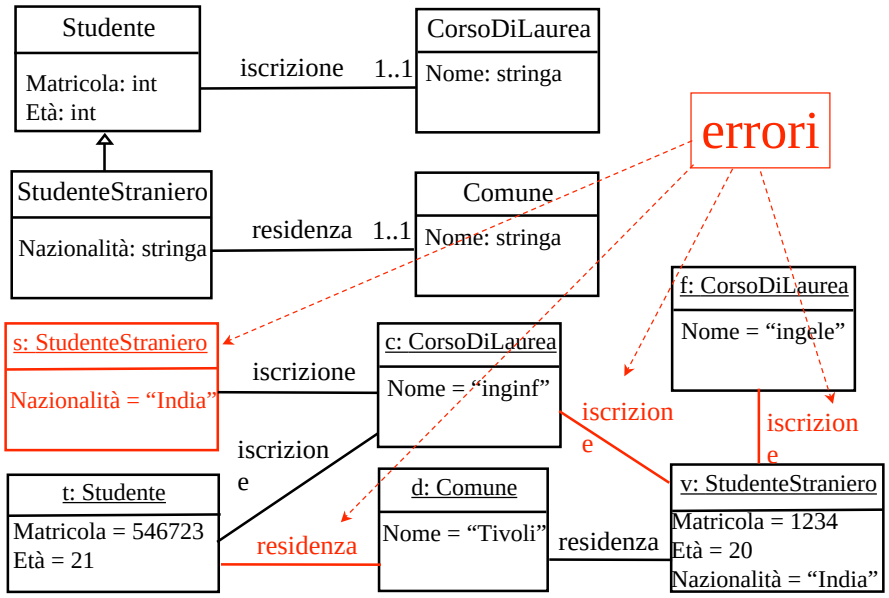


# Esercizio 5: individuare gli errori



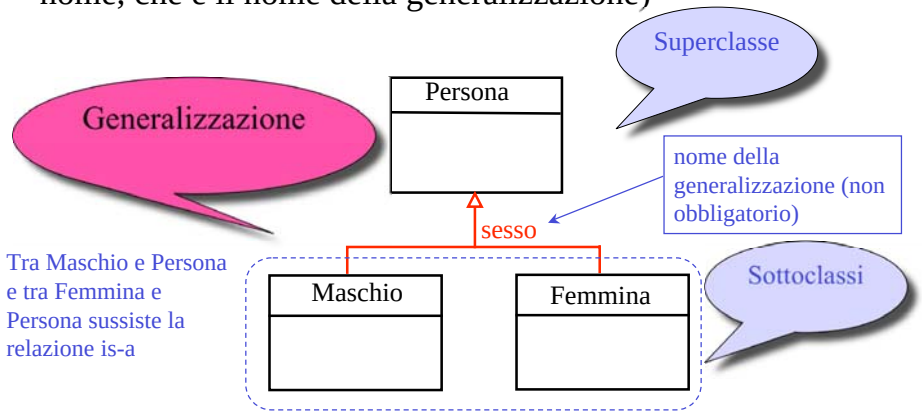



# Soluzione dell’esercizio 5



# Generalizzazione in UML

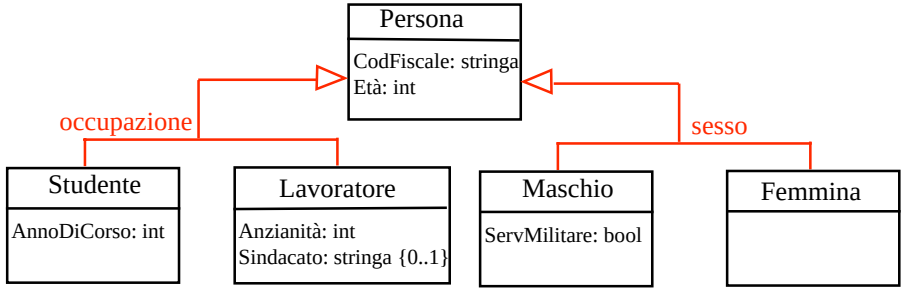
Finora, abbiamo considerato la generalizzazione come mezzo per modellare la relazione is-a tra due classi. La superclasse però può anche generalizzare diverse sottoclassi rispetto ad un unico criterio (che si può indicare con un nome, che è il nome della generalizzazione)






# Diverse generalizzazioni della stessa classe

La stessa superclasse può partecipare a diverse generalizzazioni

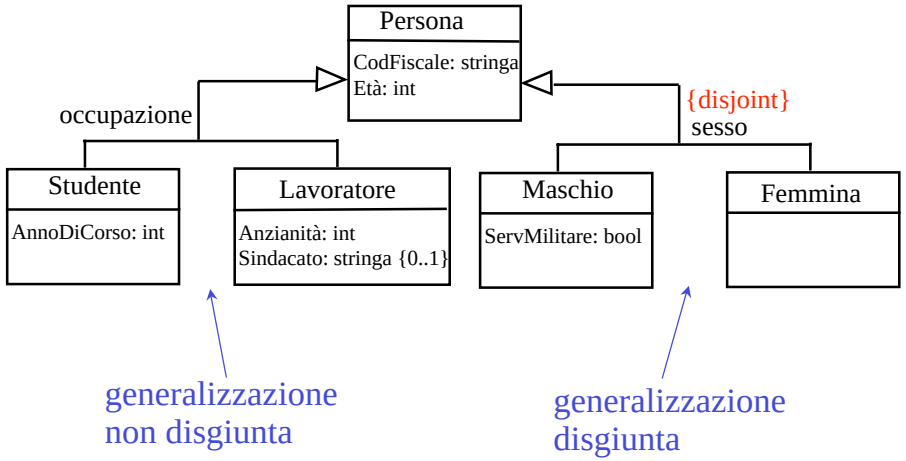



Concettualmente, non c'è alcuna correlazione tra due generalizzazioni diverse, perchè rispondono a due criteri diversi di classificare le istanze della superclasse



# Generalizzazioni disgiunte

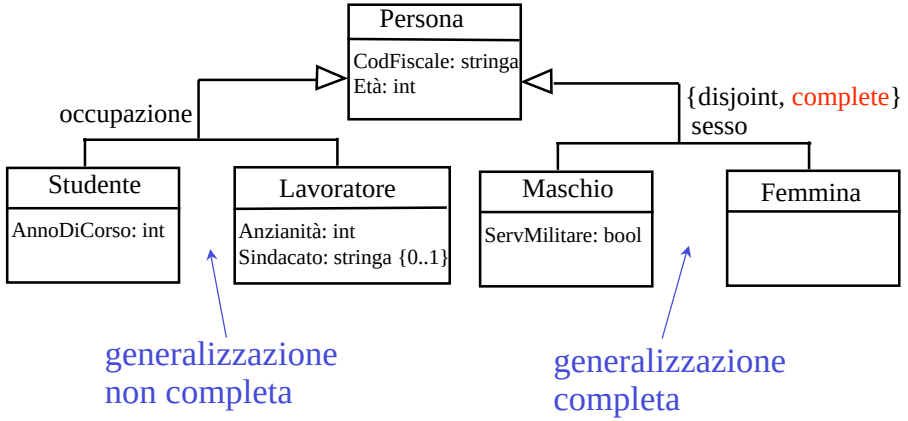
Una generalizzazione può essere disgiunta (le sottoclassi sono disgiunte a coppie) o no



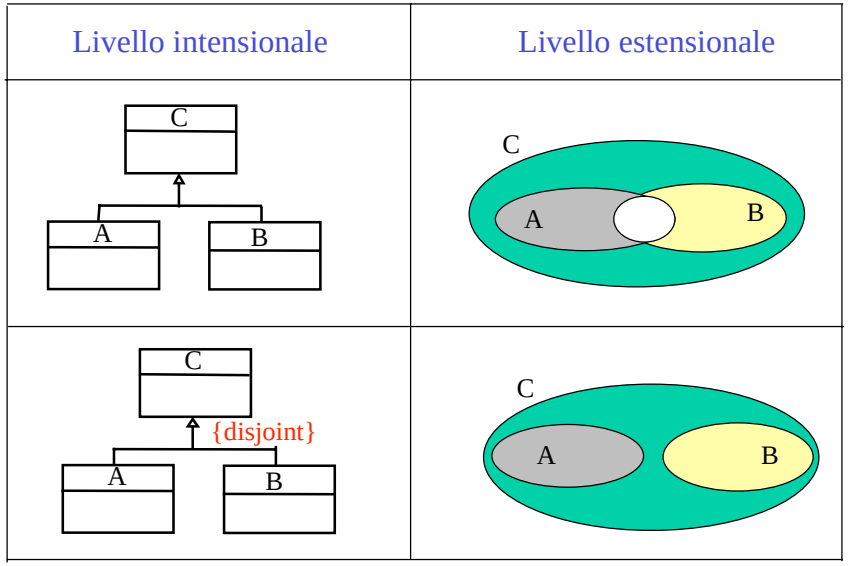



# Generalizzazioni complete

Una generalizzazione può essere completa (l'unione delle istanze delle sottoclassi è uguale all'insieme delle istanze della superclasse) o no

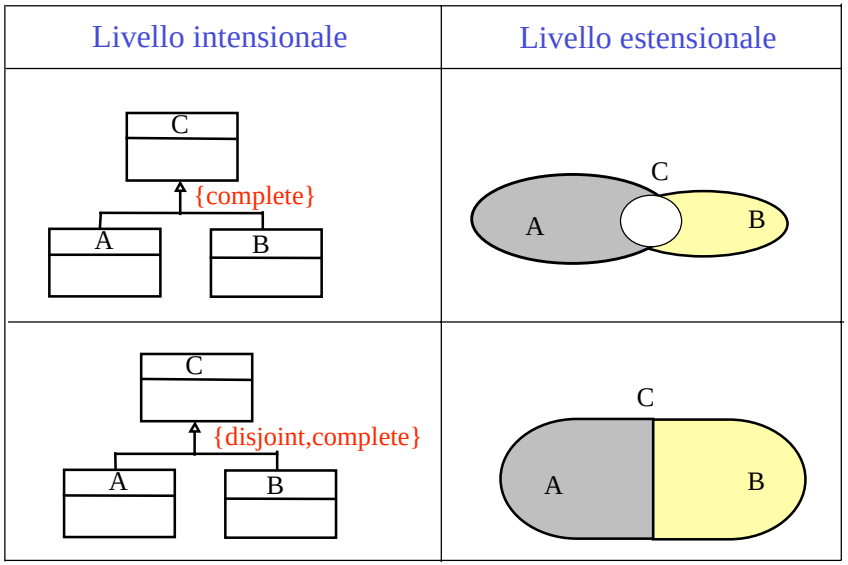


# Generalizzazioni





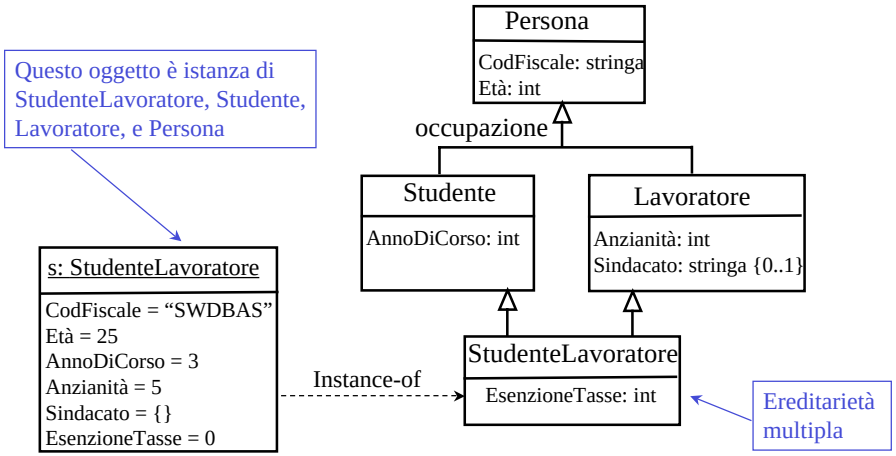

# Generalizzazioni






# Ereditarietà multipla

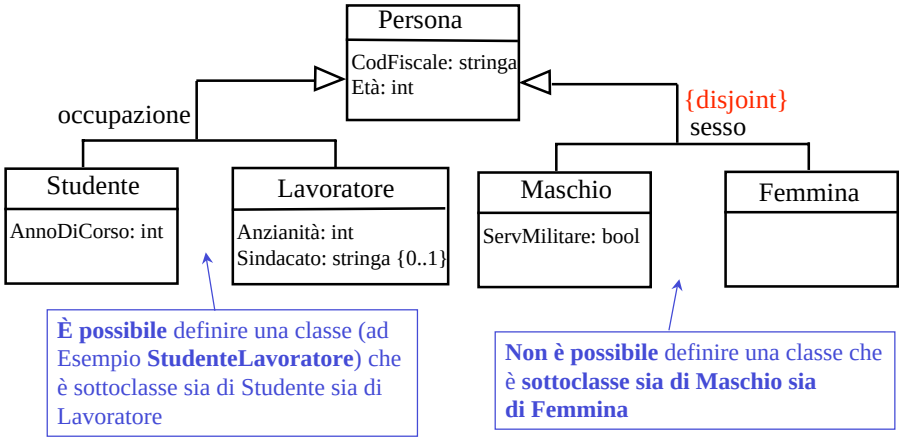
Attenzione: poichè un oggetto è istanza di una sola classe più specifica, due sottoclassi non disgiunte possono avere istanze comuni solo se hanno una sottoclasse comune (ereditarietà multipla)





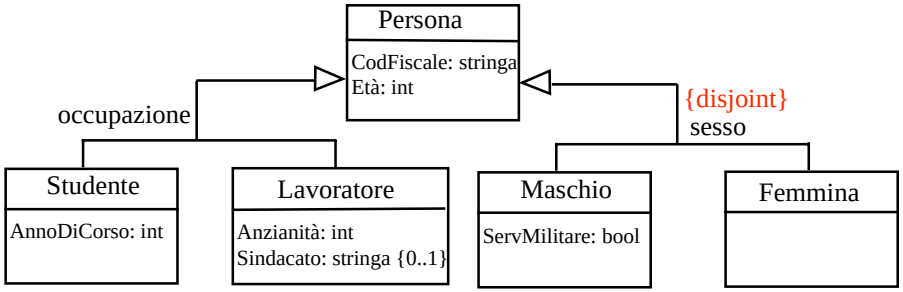

# Differenza tra classi disgiunte e non disgiunte

Da quanto detto, la differenza tra due classi mutuamente disgiunte e due classi non mutuamente disgiunte sta solo nel fatto che due classi disgiunte non possono avere sottoclassi comuni, mentre è possibile definire una classe come sottoclasse di due classi non disgiunte



# Il problema delle classi disgiunte (1)

Consideriamo la gerarchia di generalizzazione seguente:

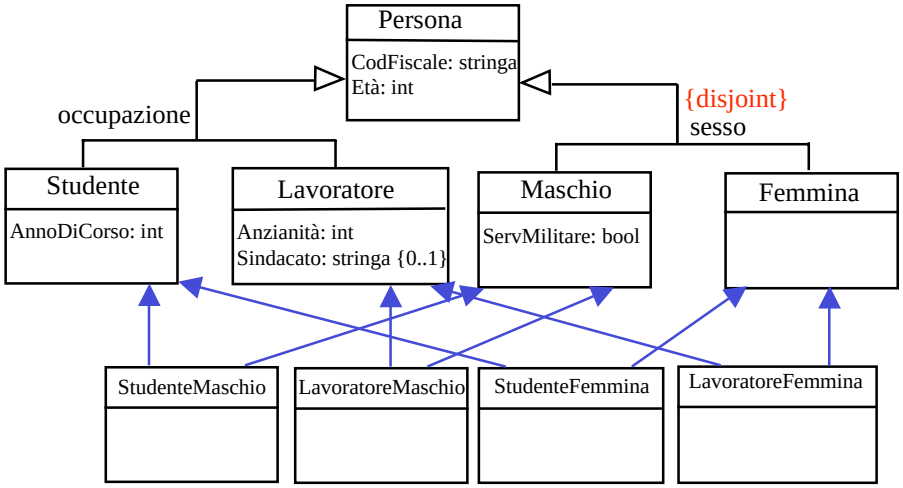



Questo diagramma descrive una situazione in cui non possono essere definite istanze di Studenti che sono anche esplicite istanze di Maschio (o di Femmina), e istanze di Lavoratore che sono anche istanze esplicite di Maschio (o di Femmina)



# Il problema delle classi disgiunte (2)

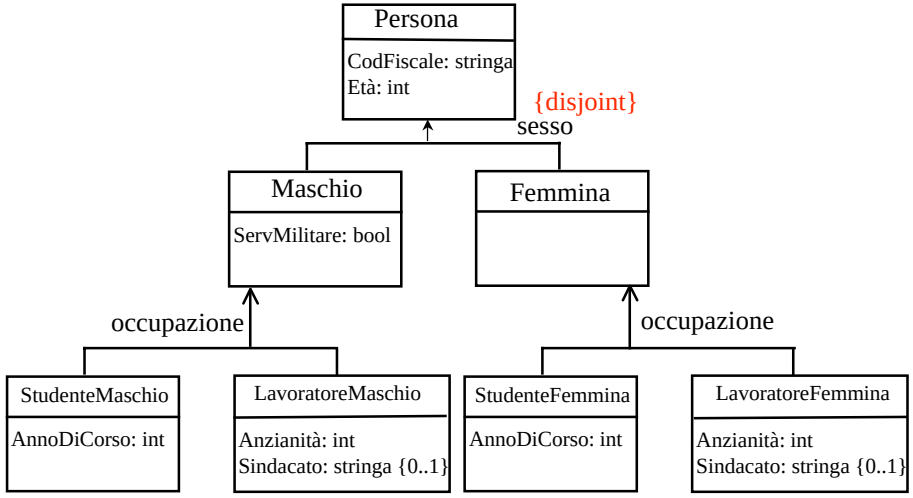
Se vogliamo definirle si può ristrutturare lo schema in due modi. **Primo** modo:





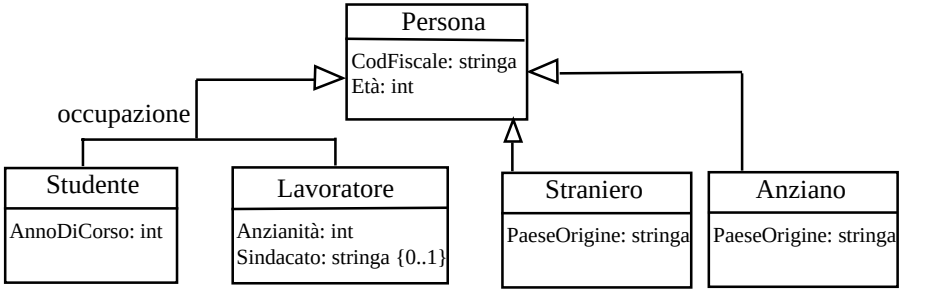

# Il problema delle classi disgiunte (3)

**Secondo** modo:






# Differenza tra due isa e una generalizzazione



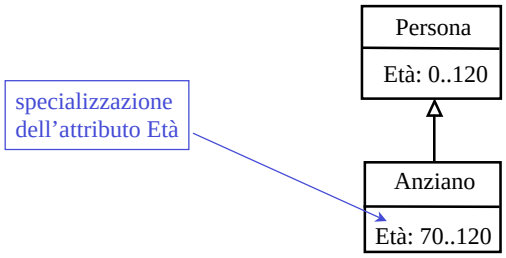

Le due sottoclassi derivano da **uno stesso criterio** di classificazione delle istanze della superclasse

Le due sottoclassi sono indipendenti, nel senso che il loro significato **non deriva dallo stesso criterio** di classificazione delle istanze della superclasse

# Specializzazione

In una generalizzazione la sottoclasse non solo può avere proprietà aggiuntive rispetto alla superclasse, ma può anche specializzare le proprietà ereditate dalla superclasse.

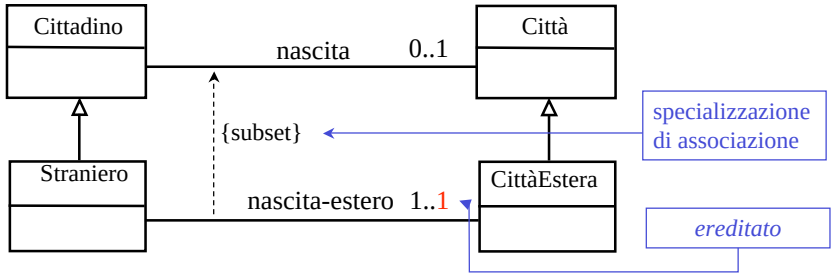
- Specializzazione di un attributo: Se una classe $C_1$ ha un attributo $A$ di tipo $T_1$, e se $C_2$ è una sottoclasse di $C_1$, specializzare $A$ in $C_2$ significa definire $A$ anche in $C_2$ ed assegnargli un tipo $T_2$ i cui valori sono un sottoinsieme dei valori di $T_1$.






# Specializzazione

- Specializzazione di una associazione: Se una classe $C_1$ partecipa ad una associazione $R$ con un'altra classe $C_3$, e se $C_2$ è una sottoclasse di $C_1$, specializzare $R$ in $C_2$ significa:
  - Definire una nuova associazione $R_1$ tra la classe $C_2$ e una classe $C_4$ che è sottoclasse di $C_3$ (al limite $C_4$ può essere la classe $C_3$ stessa)
  - Stabilire una dipendenza di tipo {subset} da $R_1$ a $R$
  - Definire eventualmente molteplicità più specifiche su $R_1$ rispetto alle corrispondenti molteplicità definite su $R$ (si noti che la molteplicità massima su $R_1$ deve essere minore o uguale a quella su $R$)





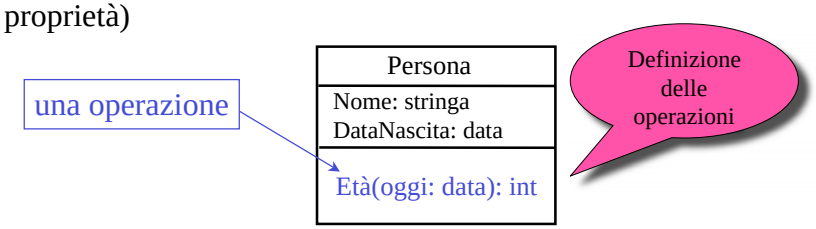

# Operazioni

Finora abbiamo fatto riferimento solamente a proprietà statiche (attributi e associazioni) di classi. In realtà, le classi (e quindi le loro istanze) sono caratterizzate anche da proprietà **dinamiche**, che in UML si definiscono mediante le **operazioni**.

Una operazione associata ad una classe $C$ indica che sugli oggetti della classe $C$ si può eseguire una computazione, cioè una elaborazione (detta anche metodo),

• o per calcolare le proprietà

• o per effettuare cambiamenti di stato (cioè per modificare le proprietà)

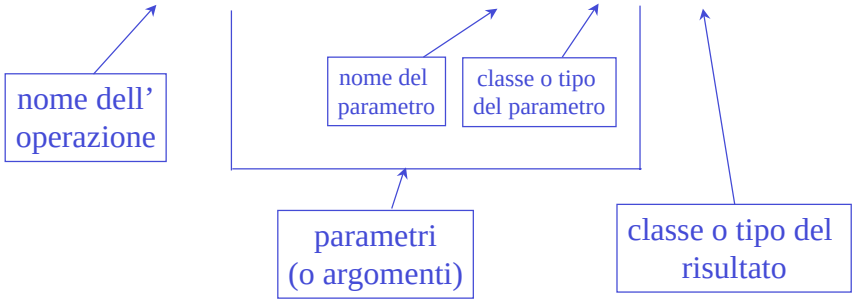





# Definizione di una operazione

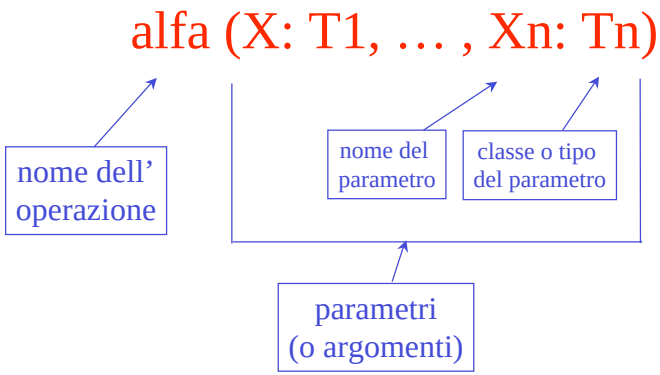
In una classe, una operazione si definisce specificando la **segnatura** (nome, parametri e il tipo del eventuale risultato) e **non il metodo** (cioè non la specifica di cosa fa l'operazione)

alfa (X: T1, … , Xn: Tn): T



## Definizione di una operazione

**Non è necessario** che una operazione **restituisca** un valore o un oggetto. Una operazione può anche solo effettuare azioni senza calcolare un risultato. In questo caso l'operazione si definisce così:






## Osservazioni sulle operazioni (1)

- Una operazione di una classe *C* è pensata per essere invocata facendo riferimento ad una istanza della classe *C*, chiamata **oggetto di invocazione**. Esempio di invocazione:

  p.Età(oggi)

  (dove p è un oggetto della classe Persona).

- In altre parole, nell'attivazione di ogni operazione, oltre ai parametri c'è **sempre implicitamente in gioco un oggetto** (l'oggetto di invocazione) della classe in cui l'operazione è definita



## Osservazioni sulle operazioni (2)

- **Attenzione**: le **operazioni** che si definiscono sul modello di analisi sono le operazioni che **caratterizzano concettualmente** la classe.

- Altre operazioni, più orientate alla **realizzazione** del software (come ad esempio le operazioni che consentono di gestire gli attributi, ossia conoscerne o cambiarne il valore), **non devono** essere definite in questa fase



## Esercizio 6

Tracciare il diagramma delle classi corrispondenti alle seguenti specifiche:

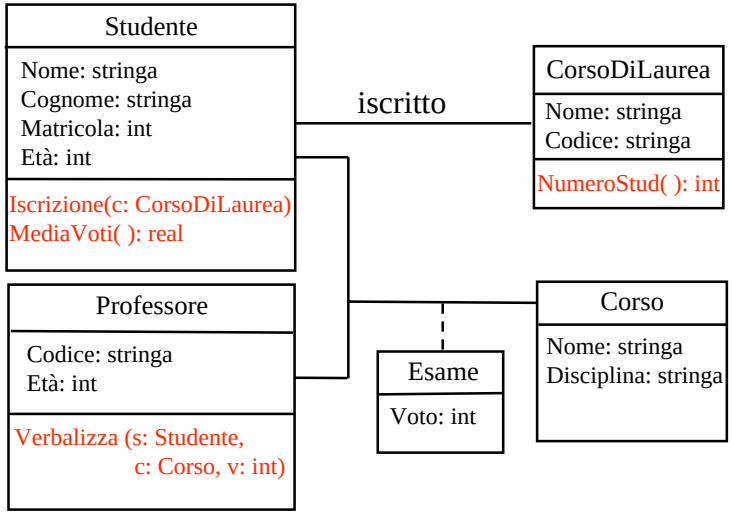
*Si vogliono modellare gli studenti (con nome, cognome, numero di matricola, età), il corso di laurea in cui sono iscritti, ed i corsi di cui hanno sostenuto l'esame, con il professore che ha verbalizzato l'esame, ed il voto conseguito. Di ogni corso di laurea interessa il codice e il nome. Di ogni corso interessa il nome e la disciplina a cui appartiene (ad esempio: matematica, fisica, informatica, ecc.). Di ogni professore interessa codice ed età.*

*Al momento dell'iscrizione, lo studente specifica il corso di laurea a cui si iscrive.*

*Dopo l'effettuazione di un esame, il professore comunica l'avvenuta verbalizzazione dell'esame con i dati relativi (studente, corso, voto).*

*La segreteria vuole periodicamente calcolare la media dei voti di uno studente, e il numero di studenti di un corso di laurea.*

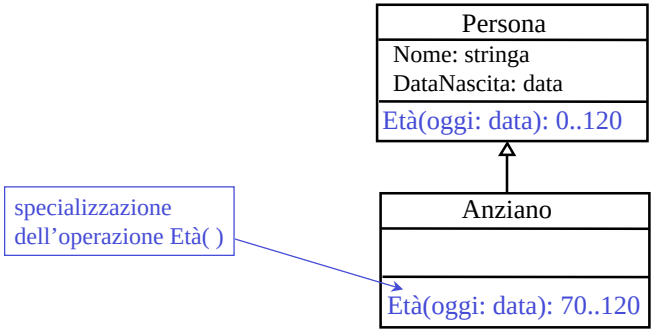
# Esercizio 6: soluzione






# Specializzazione di operazioni

Oltre agli attributi e alle associazioni, anche le operazioni si possono specializzare nelle sottoclassi. Una operazione si specializza specializzando i parametri e/o il tipo di ritorno.




Si noti che il metodo associato ad una operazione specializzata in una sottoclasse è in genere **diverso** dal metodo associato alla stessa operazione nella superclasse



# Osservazione sui tipi

- Finora abbiamo semplicemente assunto che si possano usare nel diagramma delle classi i tipi di dato **semplici** (come ad esempio int, stringa, ecc.)
- In realtà, si possono usare anche tipi di dato **più complessi**.

  Ad esempio si possono usare tipi definibili attraverso costruttori come
  - **Record,**
  - **Insieme,**
  - **Lista,**
  - **ecc.**



# Osservazione sui tipi (2)

- Ad esempio, si può usare il tipo **indirizzo** come record con campi
  - "strada" (di tipo stringa) e
  - "numero civico" (di tipo int)
- Oppure, si può usare il tipo **data** come record con campi
  - giorno (di tipo 1..31),
  - mese (di tipo 1..12) e
  - anno (di tipo int).

## Semantica dei diagrammi delle classi: riassunto

| Concetto | Significato | Note |
|---|---|---|
| Oggetto | Elemento | *Ogni oggetto ha vita propria ed ha un unico identificatore* |
| Classe | Insieme di oggetti | *Insieme con operazioni* |
| Tipo | Insieme di valori | *Un valore non ha vita propria* |
| Attributo | Funzione (o relazione, se multivalore) | *Da classi (e associazioni) a tipi* |
| Associazione | Relazione | *Sottoinsieme del prodotto cartesiano* |
| Relazione is-a | Sottoinsieme | *Implica ereditarietà* |
| Generalizzazione disgiunta e completa | Partizione | *Le sottoclassi formano una partizione della superclasse* |
| Operazione | Computazione | *Le operazioni vengono definite nelle classi* |



## Aspetti metodologici nella costruzione del diagramma delle classi

Un metodo comunemente usato per costruire il diagramma delle classi prevede i seguenti passi

- *Individua le classi e gli oggetti di interesse*
- *Individua gli attributi delle classi*
- *Individua le associazioni tra classi*
- *Individua gli attributi delle associazioni*
- *Determina le molteplicità di associazioni e attributi*
- *Individua le generalizzazioni, partendo o dalla classe più generale e scendendo nella gerarchia, oppure dalle classi più specifiche e risalendo nella gerarchia*
- *Determina le specializzazioni*
- *Individua le operazioni ed associale alle classi*
- *Controllo di qualità*

Correggi, modifica, estendi



## Controllo di qualità sul diagramma delle classi

- *È stata fatta una scelta oculata su come modellare i vari concetti?*
  - *Se con attributi o con classi*
  - *Se con classi o con associazioni*
- *Sono stati colti tutti gli aspetti importanti delle specifiche?*
- *Si è verificato che le generalizzazioni non formano cicli?*
- *Le specializzazioni sono corrette?*
- *Si possono applicare ulteriori generalizzazioni?*
- *Ci sono classi che sono sottoinsiemi di classi disgiunte?*



## Scelta tra attributi e classi

La scelta deve avvenire tenendo presente le seguenti differenze tra classi e tipi

| | Classe | Tipo |
|---|---|---|
| *Istanze* | **oggetti** | **valore** |
| *Istanze identificate da* | **identificatore di oggetto** | **valore** |
| *Uguaglianza* | **basata su identificatore** | **basata su valore** |
| *Realizzazione* | **da progettare** | **tipicamente predefinita, oppure basata su strutture di dati predefinite** |

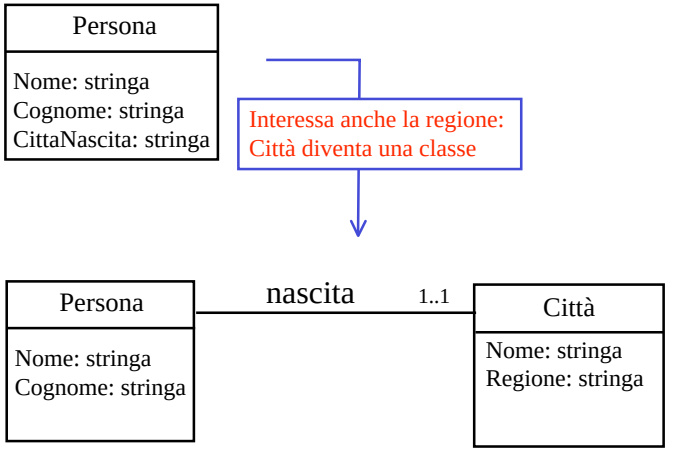
# Scelta tra attributi e classi

- Un concetto verrà modellato come
  - una classe
    - se le sue istanze hanno **vita propria**
    - se le sue istanze possono essere identificate **indipendentemente** da altri oggetti
    - se ha o si prevede che avrà delle **proprietà indipendenti** dagli altri concetti
    - Se su di esso si "**predica**" nello schema concettuale
  - un attributo
    - se le sue istanze **non hanno vita propria**
    - se ha senso solo per **rappresentare proprietà di altri concetti**
    - se **non si "predica"** su di esso nello schema



# Scelta tra attributi e classi

Le scelte possono cambiare durante l'analisi. Esempio:





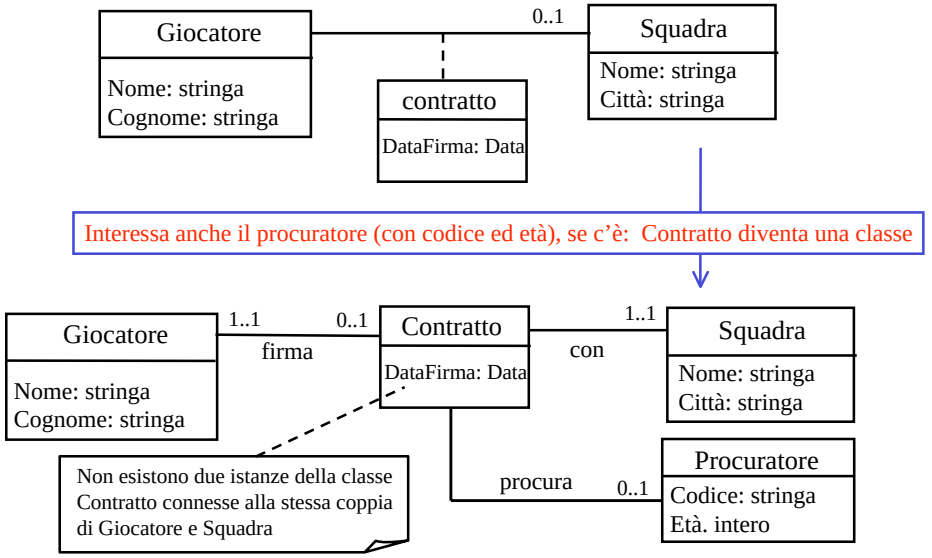

# Scelta tra classi e associazione

- Un concetto verrà modellato come
  - una classe
    - se le sue istanze hanno **vita propria**
    - se le sue istanze possono essere **identificate** indipendentemente da altri oggetti
    - se ha o si prevede che avrà delle **associazioni con altri concetti**
  - una associazione
    - se le sue istanze rappresentano **n-ple di altre istanze**
    - se non ha senso pensare alla partecipazione delle sue instanze ad **altre associazioni**



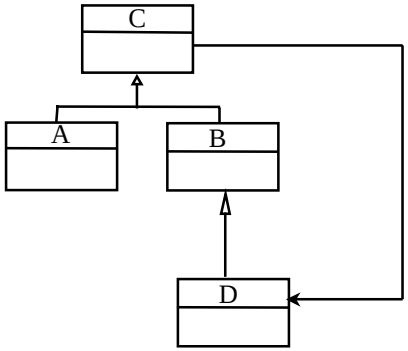
# Scelta tra classi e associazioni

Le scelte possono cambiare durante l'analisi. Esempio:



# Verifiche sulle generalizzazioni

- Il grafo delle generalizzazioni non può contenere cicli!




Ciclo nel grafo delle generalizzazioni: le classi C, B e D hanno le stesse istanze!



# Verifiche sulle specializzazioni

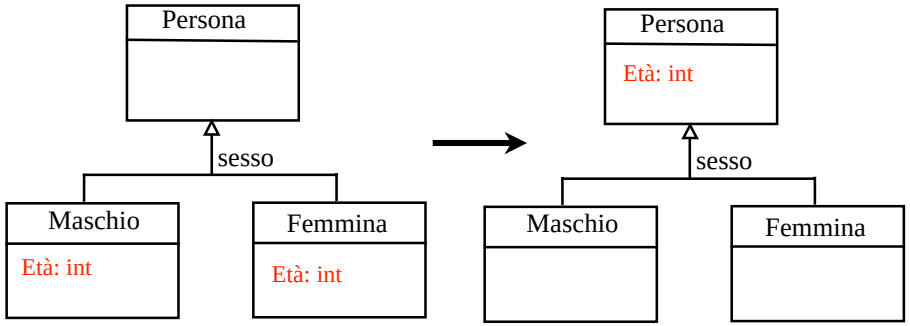
- Specializzazione di un attributo: se una classe $C_1$ ha un attributo $A$ di tipo $T_1$, se $C_2$ è una sottoclasse di $C_1$, e se $A$ è specializzato in $C_2$, allora il tipo assegnato ad $A$ in $C_2$ deve essere un tipo $T_2$ i cui valori sono un sottoinsieme dei valori di $T_1$.

- Specializzazione di una associazione: se una classe $C_1$ partecipa ad una associazione $R$ con un'altra classe $C_3$, se $C_2$ è una sottoclasse di $C_1$, ed $R$ è specializzata in $C_2$ in una associazione $R_1$ con $C_4$ allora:
  - tra $R_1$ ed $R$ deve esserci una dipendenza di tipo {subset}
  - per $R_1$ deve essere definita una molteplicità massima uguale o più ristretta che per $R$
  - $C_4$ è una sottoclasse di $C_3$ (al limite $C_3$ e $C_4$ sono uguali)



# Si possono applicare ulteriori generalizzazioni?

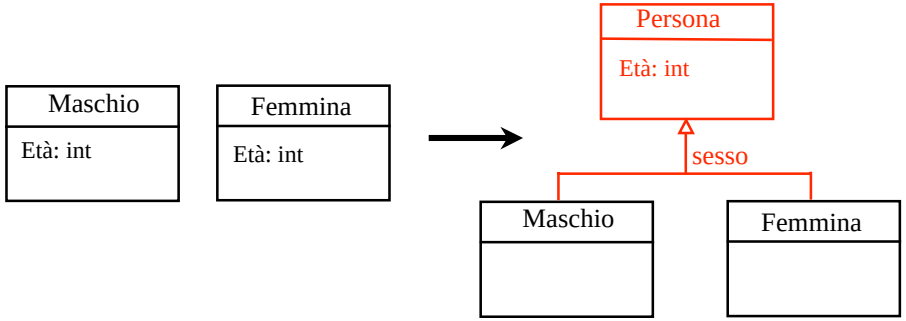
È bene verificare che gli attributi siano stati associati alle classi giuste in una generalizzazione






# Si possono applicare ulteriori generalizzazioni?

È bene verificare se non sia il caso di introdurre nuove classi generalizzazioni



# Il diagramma degli use case

Ricordiamo che lo schema concettuale è costituito da:

- Diagramma delle classi e degli oggetti
- Diagramma degli use case
- Diagramma degli stati e delle transizioni

Il **diagramma degli use-case** descrive le funzionalità fondamentali che il sistema deve realizzare, in termini di scenari di utilizzo del sistema



# Use case

Un **use case** rappresenta una tipica interazione tra un **utente** ed il sistema software da realizzare. Un use case cattura una qualche funzione visibile dall'utente, e la sua descrizione si ottiene attraverso l'interazione tra analista ed utente in fase di analisi.

In altre parole, un Use Case definisce un particolare modo di utilizzare il sistema, il quale offre **servizi** e **funzionalità** in risposta a eventi prodotti da attori esterni.



# Use case

Un use case modella un processo (o un insieme di processi) che è **trasversale** rispetto alle classi, cioè **coinvolge più classi allo stesso livello**, e sarebbe una forzatura modellarlo come una operazione di una singola classe

Un use case è in genere composto da diverse **operazioni**, che non vengono definite in modo dettagliato nel diagramma. Vedremo, quando parleremo di "specifica di un use case", come queste operazioni vengono definite



# Use Case: Attori

Un **use case** è formulato sulla base delle **funzionalità** offerte dal sistema così come sono percepite dagli utenti.

Oltre agli use case, un altro componente fondamentale del diagramma degli use case è l'attore. Un **attore** è un ruolo che un utente (una persona o un sistema esterno) gioca interagendo con il sistema.

- Lo stesso utente può essere rappresentato da più di un attore (può giocare più ruoli).
- Più utenti possono essere rappresentati dallo stesso attore.

# Use case: diagramma

Un **diagramma degli use case** è un **grafo** i cui **nodi** possono essere

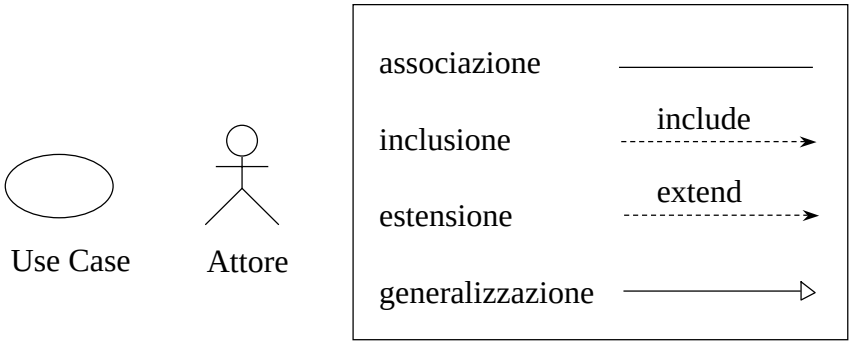
- Attori
- Use Case

mentre gli **archi** rappresentano

- la comunicazione tra gli attori e gli use case,
- i legami d'uso tra use case
- l'estensione di uno use case da parte di un altro
- la generalizzazione di un use case da parte di un altro



# Componenti di un diagramma degli use case

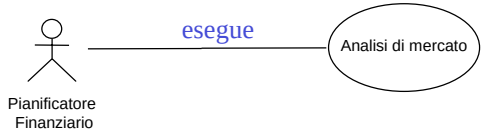



Relazioni nel diagramma degli use case



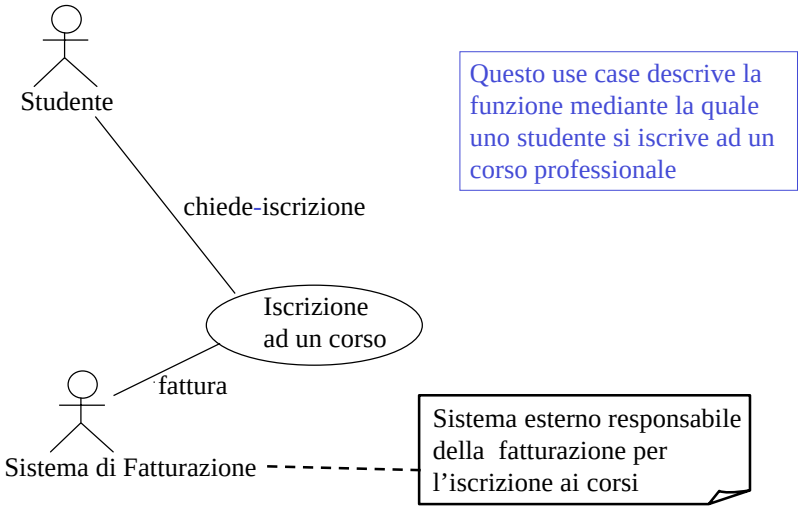
# Associazione

La partecipazione di un attore ad uno Use Case è rappresentata da un arco di **associazione** (con un nome) tra il simbolo dell'attore e il simbolo di Use Case. In generale, questo significa che l'attore "comunica" con lo Use Case.



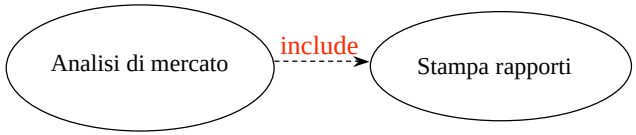



# Esempio di diagramma degli use case



# Inclusione

- Una relazione d'inclusione tra use case è rappresentata da una **freccia** tra lo use case che include e quello che è incluso.
- La freccia è etichettata con "**include**".
- Una relazione d'inclusione da un Use Case *A* ad un Use Cases *B*, indica che **ogni istanza dello Use Case *A* includerà anche il comportamento specificato per lo Use Case *B***.
- In altre parole, qualche funzionalità di *A* richiede di **servirsi** di qualche funzionalità di *B*.



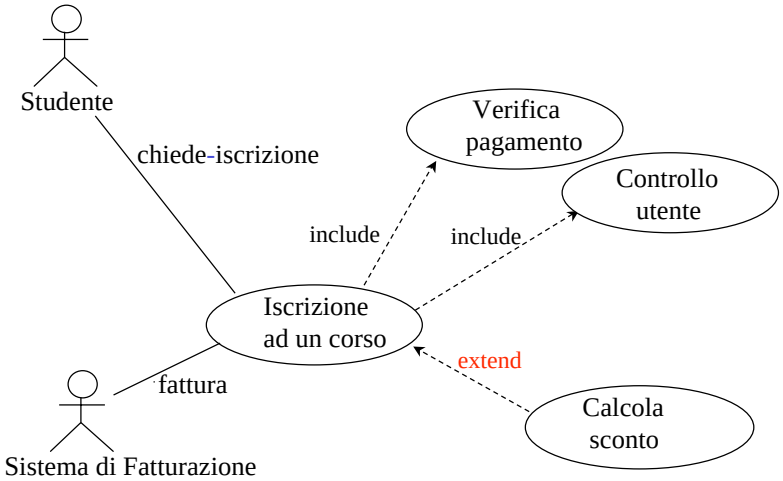



# Estensione

- La relazione "estende" tra use case è rappresentata da una **freccia** etichettata con "**extend**" dallo Use Case che definisce l'estensione allo Use Case base.
- La relazione "extend" tra un Use Case *A* ed un Use Case *B* indica che **ogni istanza di *B*, in condizioni particolari, viene esteso con le funzionalità di una istanza di *A***.
- Per uno stesso Use Case, i comportamenti definiti attraverso diverse estensioni possono occorrere all'interno di ogni singola sua istanza.



# Esempi di extend e include






# Generalizzazione

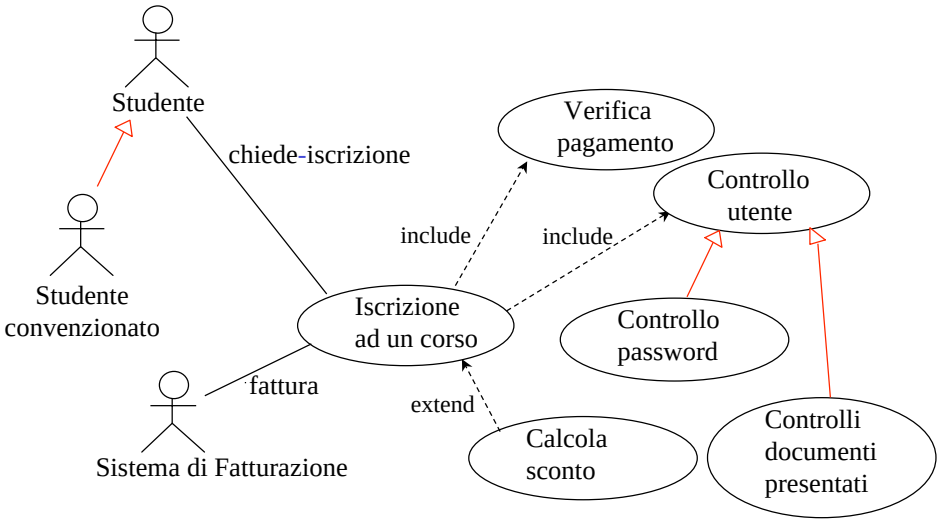
La generalizzazione si applica sia ad attori sia a use case.

**Un attore *A* è generalizzazione di un attore *B* quando *B* è visto come un caso particolare di *A*.**

Analogamente, **un Use Case *A* è generalizzazione di un Use Case *B* quando *B* è visto come un caso particolare di *A*.**

Il concetto di generalizzazione è simile a quello usato nel diagramma delle classi.

# Esempi di extend, include e generalizzazione






# Esercizio 7

Facendo riferimento all'esercizio 6, considerare le specifiche aggiuntive (in rosso), e tracciare il corrispondente diagramma degli use case:

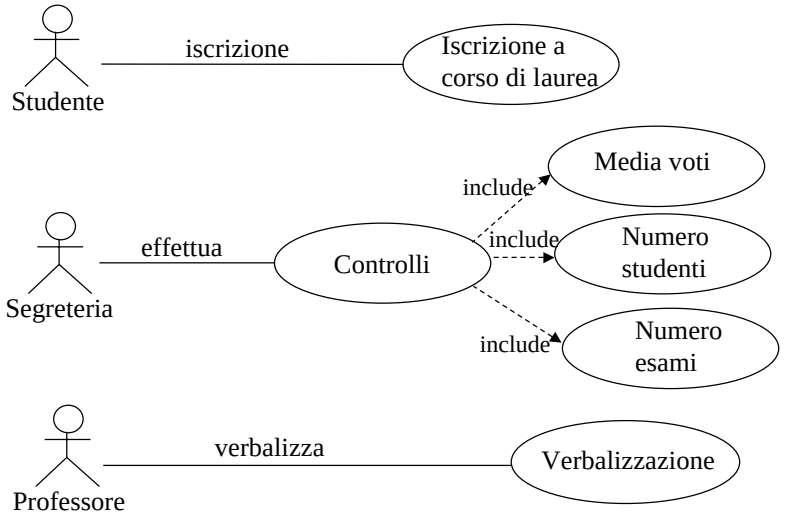
*Si vogliono modellare gli studenti (con nome, cognome, numero di matricola, età), il corso di laurea in cui sono iscritti, ed i corsi di cui hanno sostenuto l'esame, con il professore che ha verbalizzato l'esame, ed il voto conseguito. Di ogni corso di laurea interessa il codice e il nome. Di ogni corso interessa il nome e la disciplina a cui appartiene (ad esempio: matematica, fisica, informatica, ecc.). Di ogni professore interessa codice ed età.*

*Al momento dell'iscrizione, lo studente specifica il corso di laurea a cui si iscrive. Dopo l'effettuazione di un esame, il professore comunica l'avvenuta verbalizzazione dell'esame con i dati relativi (studente, corso, voto).*

*La segreteria vuole periodicamente calcolare la media dei voti di uno studente, il numero di studenti di un corso di laurea, e la media del numero di esami sostenuti per gli studenti di un corso di laurea.*



# Esercizio 7: soluzione






# Aspetti metodologici nella costruzione del diagramma degli Use Case

Un metodo comunemente usato per costruire il diagramma degli Use Case prevede i seguenti passi

- *Individua gli Use Case generali di interesse*
- *Individua gli attori*
- *Individua le associazioni tra attori e Use Case*
- *Individua altri Use Case, più specifici, se ce ne sono*
- *Determina le relazioni "include" tra Use Case*
- *Individua le generalizzazioni tra attori e tra Use Case,*
- *Individua le relazioni "extend" tra Use Case*
- *Controllo di qualità*

Correggi, modifica, estendi

# Controllo di qualità del diagramma degli Use Case

- *Sono stati colti tutti gli aspetti insiti nei requisiti?*
- *Sono state individuate tutte le associazioni e tutte le generalizzazioni?*
- *Ci sono ridondanze nel diagramma?*
- *È alta la coesione dei singoli Use Case?*
- *È basso l'accoppiamento tra diversi Use Case?*



# La specifica

Lo schema concettuale viene alla fine corredato da

- una **specifica** per ogni **Classe**
- una **specifica** per ogni **Use Case**

La specifica di una classe ha lo scopo di definire precisamente il comportamento di ogni operazione della classe

La specifica di un Use Case ha lo scopo di definire precisamente il comportamento di ogni operazione di cui lo Use Case è costituito



# Specifica di una classe

La specifica di una classe C ha la seguente forma:

InizioSpecificaClasse C

Specifica della operazione 1

…

Specifica della operazione N

FineSpecifica



# Specifica di un Use Case

La specifica di un Use Case si fornisce facendo la lista delle operazioni (una o più) che costituiscono lo Use Case stesso, e fornendo poi la specifica di ogni operazione. La specifica di un Use Case D ha la seguente forma:

InizioSpecificaUseCase D

Specifica della operazione 1

…

Specifica della operazione N

FineSpecifica

# Specifica di una operazione

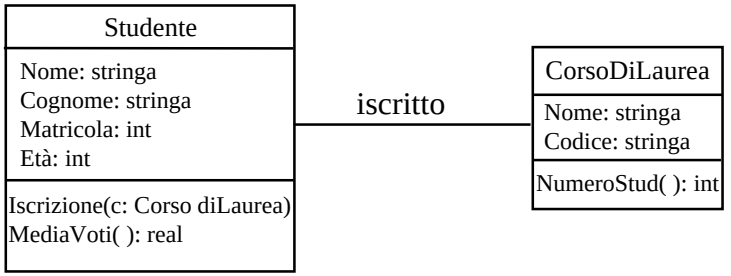
Che sia una operazione di una classe o una operazione di un Use Case, la specifica di una operazione ha la seguente forma:

alfa (X: T1, … , Xn: Tn): T
pre: *condizione*
post: *condizione*

- alfa (X: T1, … , Xn: Tn): T è la **segnatura** dell'operazione (T può mancare),
- pre rappresenta la **precondizione** dell'operazione, cioè l'insieme delle condizioni (a parte quelle già stabilite dalla segnatura) che devono valere **prima** di ogni esecuzione della operazione
- post rappresenta le **postcondizioni** della operazione, cioè l'insieme delle condizioni che devono valere **alla fine** di ogni esecuzione della operazione



# Esempio di specifica di una operazione




InizioSpecificaClasse CorsoDiLaurea
NumeroStud() : int
pre : nessuna
post : **result** è uguale al numero di studenti iscritti nel corso di laurea **this**
FineSpecifica

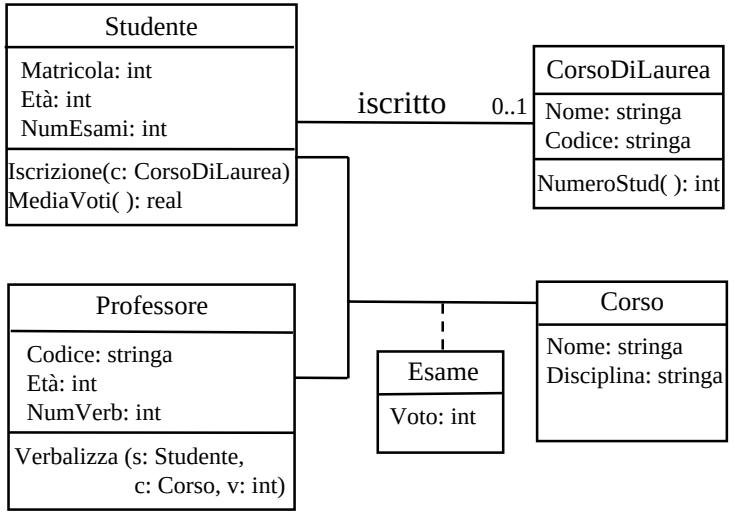


# Precondizioni e postcondizioni

- Nella specifica di una operazione, nella **precondizione** si usa "**this**" per riferirsi all'oggetto di invocazione della operazione
- Nella specifica di una operazione, nella **postcondizione** si usa
  - "**this**" per riferirsi all'**oggetto di invocazione** della operazione nello stato corrispondente **alla fine** della esecuzione della operazione
  - "**result**" per riferirsi al **risultato** restituito dalla esecuzione della operazione
  - **pre(alfa)** per riferirsi al valore della espressione **alfa nello stato corrispondente alla precondizione**



# Esempio di diagramma delle classi



# Esempio di specifica di classi

InizioSpecificaClasse Professore
Verbalizza(s: Studente, c: Corso, v: int)
pre : s non ha ancora sostenuto l'esame c, e $18 \leq v \leq 31$
post : this, s e c sono collegati da un link di tipo Esame, con voto v. Inoltre vale che s.NumEsami = pre(s.NumEsami) + 1, e this.NumVerb = pre(this.NumVerb) + 1
FineSpecifica

InizioSpecificaClasse Studente
Iscrizione(c: CorsoDiLaurea)
pre : this non è iscritto ad alcun CorsoDiLaurea
post : this è iscritto al CorsoDiLaurea c,
MediaVoti() : real
pre : this.NumEsami > 0
post : result è la media dei voti degli esami sostenuti da this
FineSpecifica



# Specifica mediante una notazione formale

InizioSpecificaClasse Professore
Verbalizza(s: Studente, c: Corso, v: int)
pre : $\neg(\exists\ p \mid p \in \text{Professore} \wedge \langle s,p,c\rangle \in \text{Esame}) \wedge 18 \leq v \leq 31$

post : $\text{Esame} = \text{pre(Esame)} \cup \{\langle s,this,c\rangle\} \wedge$
$\text{Esame.voto}(s,this,c) = v \wedge$
$\text{s.NumEsami} = \text{pre(s.NumEsami)} + 1 \wedge$
$\text{this.NumVerb} = \text{pre(this.NumVerb)} + 1$
FineSpecifica



# Specifica mediante una notazione formale (2)

InizioSpecificaClasse Studente
Iscrizione(c: CorsoDiLaurea)
pre : $\neg(\exists\ c2 \mid \langle this,c2\rangle \in \text{iscritto})$
post : $\text{iscritto} = \text{pre(iscritto)} \cup \{\langle this,c\rangle\}$

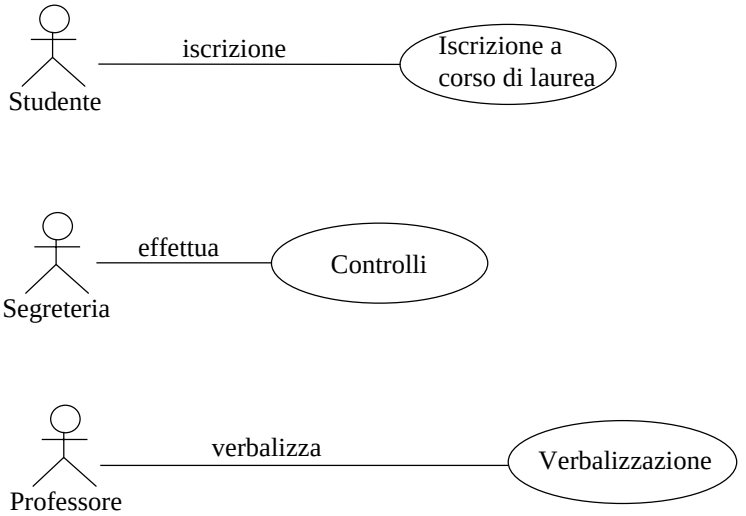
MediaVoti() : real
pre : $(\exists\ c \mid c \in \text{CorsoDiLaurea} \wedge \langle this,c\rangle \in \text{iscritto}) \wedge$
$\text{this.NumEsami} > 0$
post : definiamo Voti come l'insieme
$\{\langle c,v\rangle \in \text{int} \mid \exists\ p \mid p \in \text{Professore} \wedge c \in \text{Corso} \wedge \langle this,p,c\rangle \in \text{Esame} \wedge \text{Esame.voto}(this,p,c) = v\}$

$$\text{result} = \frac{\sum_{v \in \text{Voti}} v}{\text{this.NumEsami}}$$

FineSpecifica



# Esempio di diagramma di use case



## Esempio di specifica di use case

InizioSpecificaUseCase Controlli

MediaVoti(s: Studente): real
pre : s.NumEsami > 0
post : result = s.MediaVoti() // invoca operazione di Studente

NumeroStudenti(c: CorsoDiLaurea): int
pre : nessuna
post : result = c.NumeroStud() //invoca operazione di CorsoDiLaurea

MediaEsami(c: CorsoDiLaurea): real
pre : c ha almeno uno studente iscritto
post : result è la media del numero di esami sostenuti dagli studenti iscritti al corso di laurea c

FineSpecifica



## Specifica mediante una notazione formale

InizioSpecificaUseCase Controlli

MediaVoti(s: Studente): real
pre : (∃ c | c ∈ CorsoDiLaurea ∧ <s,c> ∈ iscritto) ∧ s.NumEsami > 0
post : result = s.MediaVoti()

NumeroStudenti(c: CorsoDiLaurea): int
pre : true
post : result = c.NumeroStud()

…

FineSpecifica



## Esercizio

Scrivere la specifica delle seguenti operazioni usando una notazione formale:

- Operazione NumeroStud() della classe CorsoDiLaurea
- Operazione MediaEsami() dello use case Controlli



## Soluzione

InizioSpecificaClasse CorsoDiLaurea
NumeroStud():int
pre : true
post : result = card({ s | s ∈ Studente ∧ <s,this> ∈ iscritto})
FineSpecifica

InizioSpecificaUseCase Controlli
…
MediaEsami(c: CorsoDiLaurea): real
pre : (∃ s | s ∈ Studente ∧ <s,c> ∈ iscritto)
post : Definiamo EsamiDelCorso come l'insieme
{<s,p,co> | s ∈ Studente ∧ p ∈ Professore ∧ co ∈ Corso ∧ <s,p,co> ∈ Esame ∧ <s,c> ∈ iscritto}

$$\text{result} = \frac{\text{card(EsamiDelCorso)}}{\text{c.NumeroStud()}}$$

FineSpecifica

# Il diagramma degli stati e delle transizioni

Il diagramma degli stati e delle transizioni viene definito per **una classe**, ed intende descrivere **l'evoluzione di un generico oggetto** di quella classe.

Il diagramma rappresenta le sequenze di stati, le risposte e le azioni, che un oggetto attraversa durante la sua vita in risposta agli stimoli ricevuti.

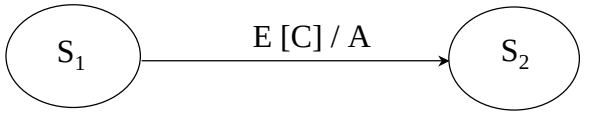
Uno **stato** rappresenta una situazione in cui un oggetto ha un insieme di proprietà considerate stabili

Una **transizione** modella un cambiamento di stato ed è denotata da:

Evento [Condizione] / Azione



# Il diagramma degli stati e delle transizioni




Il significato di una transizione del tipo di quella qui mostrata è:

- se l'oggetto
  - si trova nello **stato** $S_1$ e
  - riceve l'***evento*** $E$ e
  - la ***condizione*** $C$ è verificata
- allora
  - attiva l'esecuzione dell'***azione*** $A$ e
  - passa nello **stato** $S_2$.



# Stato

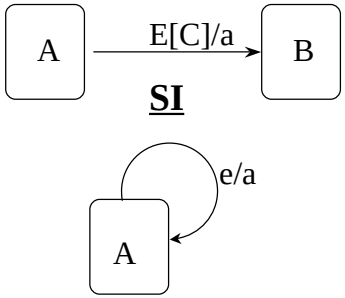
- Lo stato di un oggetto racchiude le proprietà (di solito statiche) dell'oggetto, più i valori correnti (di solito dinamici) di tali proprietà
- Una freccia non etichettata che parte dal "vuoto" ed entra in uno stato indica che lo stato è **iniziale**
- Una freccia non etichettata che esce da uno stato e finisce nel "vuoto" indica che lo stato è **finale**
- Stato iniziale e finale possono anche essere denotati da appositi simboli

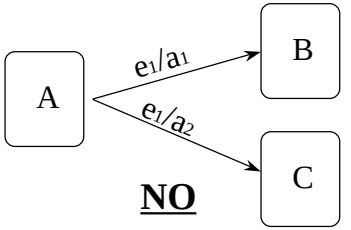
*stato iniziale* *stato finale*



# Transizione

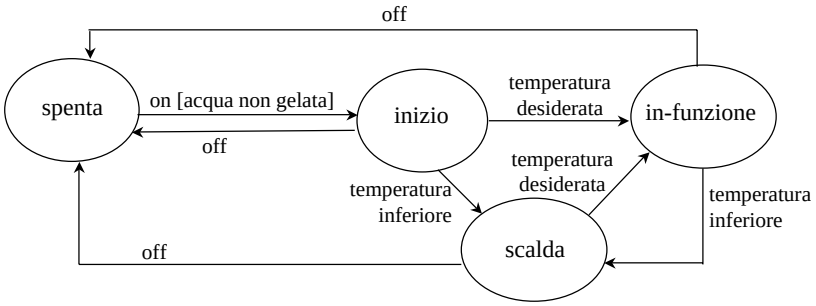
- Ogni transizione connette due stati
- Il diagramma corrisponde ad un automa **deterministico** (transizioni dall stesso stato hanno eventi diversi), in cui un evento è un input, mentre un'azione è un output
- La condizione è detta anche "guardia" (*guard*)
- L'evento è (quasi) sempre presente (condizione e azione sono opzionali)



# Esempio di diagramma degli stati e delle transizioni per la classe Caldaia

Descriviamo il diagramma degli stati e delle transizioni relativa ad una **classe** “Caldaia”. In questo diagramma ogni transizione è caratterizzata solamente da eventi e condizioni (i cambiamenti di stato non hanno bisogno di azioni perché sono automatici)





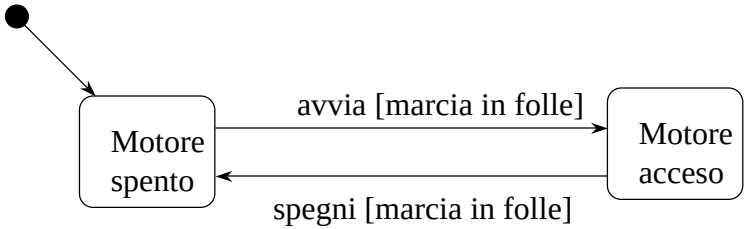

# Esempio di diagramma degli stati e delle transizioni per la classe Motore

L’analisi dei requisiti ha evidenziato l’esistenza, nel diagramma delle classi, di una classe “Motore”. Tracciare il diagramma degli stati e delle transizioni a partire da questi requisiti.

**Un motore di automobile può essere spento o acceso, ma può essere avviato o spento solo se la marcia è in folle**



# Esempio di diagramma degli stati e delle transizioni per la classe Motore (soluzione)



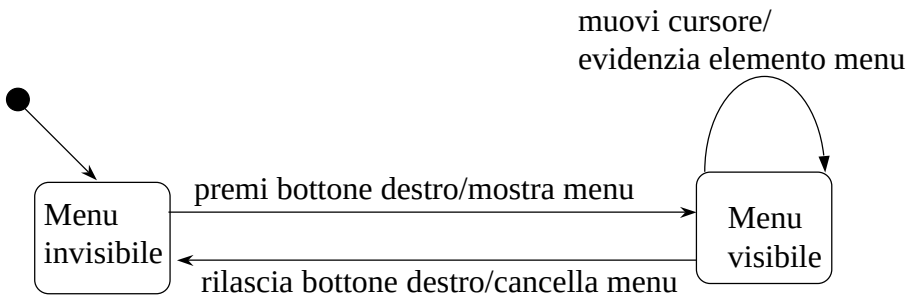



# Esercizio 8

Supponiamo che nel diagramma delle classi abbiamo rappresentato la classe “Menu a tendina”. Tracciare il diagramma degli stati e delle transizioni per tale classe, tenendo conto delle seguenti specifiche.

Un menu a tendina può essere visibile oppure no. Viene reso visibile a seguito della pressione del tasto destro del mouse, e viene reso invisibile quando tale tasto viene sollevato. Se si muove il cursore quando il menu è visibile, si evidenzia il corrispondente elemento del menu.

# Esercizio 8: soluzione



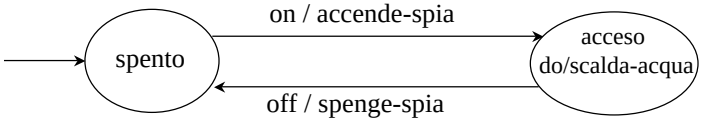



# Diagramma degli stati e delle transizioni

Alcune volte vogliamo rappresentare dei processi che l'oggetto esegue senza cambiare stato. Questi processi si chiamano **attività**, e si mostrano negli stati con la notazione:

## do / attività

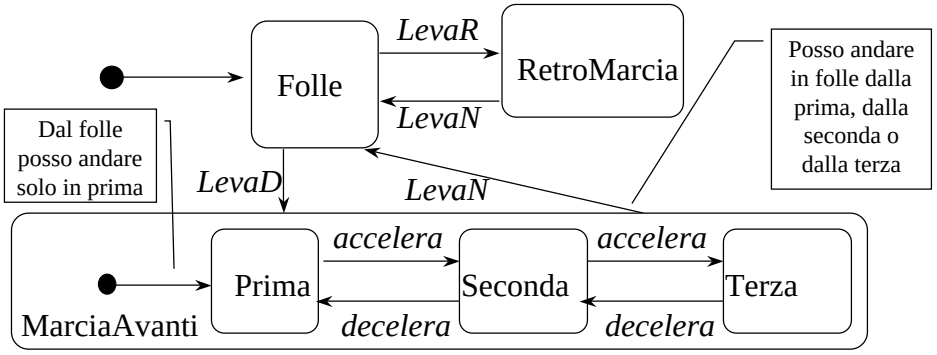
Esempio (scaldabagno):






# Stato composto

- Uno **stato composto** (o **macro-stato**) è uno stato che ha un nome, e che contiene a sua volta un diagramma
- Esiste uno stato iniziale del macro-stato
- I **sottostati** ereditano le transizioni in uscita del macro-stato

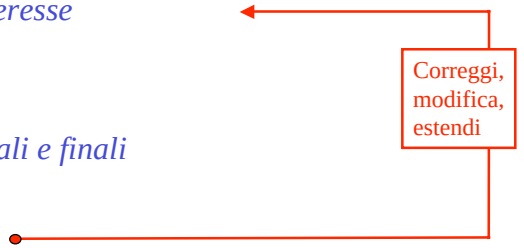





# Aspetti metodologici nella costruzione del diagramma degli stati e delle transizioni

Un metodo comunemente usato per costruire il diagramma degli stati e delle transizioni prevede i seguenti passi

- *Individua gli stati di interesse*
- *Individua le transizioni*
- *Individua le attività*
- *Determina gli stati iniziali e finali*
- *Controllo di qualità*



# Controllo di qualità del diagramma degli stati e delle transizioni

- *Sono stati colti tutti gli aspetti insiti nei requisiti?*
- *Ci sono ridondanze nel diagramma?*
- *Ogni stato può essere caratterizzato da proprietà dell'oggetto?*
- *Ogni azione e ogni attività può corrispondere ad una operazione della classe?*
- *Ogni evento e ogni condizione può corrispondere ad un evento o condizione verificabile per l'oggetto?*