

*Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale  
SAPIENZA Università di Roma  
Esercitazioni del corso di Basi di Dati  
Prof.ssa Catarci e Prof.ssa Scannapieco*

Anno Accademico 2011/2012

## 9 - Progettazione Concettuale

Francesco Leotta

Ultimo aggiornamento : 08/05/2012

# Progetto di una base di dati

## Requisiti della base di dati

Progettazione  
concettuale

*descrizione della **realtà di interesse** (per sapere quali dati rappresentare)*

**COSA**  
(Analisi)

## Schema concettuale

*rappresentazione ad alto livello dei dati (noi utilizzeremo il **diag. E-R**) con vincoli esterni associati*

### • Previsioni del carico applicativo

- DBMS (per sapere quale modello logico dei dati adottare)

Progettazione  
logica

## Schema logico

**COME**  
(Progetto e  
realizzazione)

- DBMS
- Carico applicativo

Progettazione  
fisica / tuning

## Schema fisico

*rappresentazione dei dati in un modello di dati logico (noi utilizzeremo il **modello relazionale**)*

# Progettazione Concettuale

---

- ▶ Rappresentare i dati della realtà d'interesse in termini di un modello (descrizione) formale, ad alto livello, indipendente dal DBMS
  - ▶ **Input:**
    - Descrizione della realtà d'interesse (*per sapere quali dati rappresentare*).
  - ▶ **Output:**
    - Schema concettuale (*rappresentazione dei dati in un modello di dati concettuale, eventualmente con vincoli esterni*).
  - ▶ **Qualità:**
    - correttezza e completezza della rappresentazione.

# Progettazione Logica

---

- ▶ Rappresentare i dati della realtà d'interesse in termini dei costrutti logici di una classe di DBMS (quelli basati su un determinato modello logico).
  - ▶ **Input:**
    - Schema concettuale (*prodotto dalla progettazione concettuale*).
    - DBMS scelto (*per sapere quale modello logico di dati adottare*).
    - Previsioni del carico applicativo (*per ottimizzare la base di dati rispetto ad esso*).
  - ▶ **Output:**
    - Schema logico (*rappresentazione dei dati in un modello di dati logico, eventualmente con vincoli complessi*).
  - ▶ **Qualità:**
    - Correttezza e completezza della rappresentazione.
    - Efficienza della manipolazione dei dati.

# Progettazione Fisica

---

- ▶ Rappresentare i dati della realtà di interesse attraverso le strutture dati di uno specifico DBMS.
  - ▶ **Input:**
    - Schema logico (*prodotto della progettazione logica*).
    - DBMS scelto (*per sapere quali strutture dati fisiche utilizzare*).
    - Previsioni del carico applicativo (*per ottimizzare la base di dati rispetto ad esso*).
  - ▶ **Output:**
    - Schema fisico (*tipicamente nei DBMS attuali consiste in uno schema logico + alcune scelte relative all'effettiva implementazione su DBMS di detto schema*).
  - ▶ **Qualità:**
    - Efficienza rispetto al carico applicativo.

# Modelli di Dati

---

- ▶ I prodotti della varie fasi sono schemi basati su specifici modelli di dati:
- ▶ **Schema concettuale**
  - **modello concettuale** → Modello E-R (Entità Relazione).
- ▶ **Schema logico**
  - **modello logico** → Modello relazionale + Vincoli d'integrità (DDL: SQL-standard).
- ▶ **Schema fisico**
  - **modello logico + parametri fisici.**

# Un modello concettuale dei dati : il modello E-R

---

- ▶ Dopo aver effettuato l'analisi dei requisiti (nella quale si scopre *cosa* vogliono gli utenti, e quindi *quali dati* memorizzare e *quali operazioni* sono più frequenti), le informazioni raccolte vengono utilizzate per elaborare una **descrizione ad alto livello dei dati da memorizzare**.
- ▶ Tale descrizione prende forma attraverso lo **SCHEMA CONCETTUALE**, il cui scopo è quello di fornire una descrizione dei dati che approssimi il modo in cui gli utenti\sviluppatori pensano ad esso.

# Un modello concettuale dei dati : il modello E-R

---

- ▶ Lo SCHEMA CONCETTUALE può essere espresso attraverso il **modello E-R** (*Entità-Relazione*).
  - ▶ Nel modello E-R la struttura dello schema concettuale è descritta in *forma grafica*.
  - ▶ I dati vengono rappresentati in termini di *relazioni fra oggetti*.
  - ▶ Ogni costrutto del modello (entità, relazioni, ecc.) ha impatto :
    - ▶ a livello *intensionale* , cioè a livello di *schema* (ad es., nel modello relazionale, l'istestazione delle tabelle).
    - ▶ a livello *estensionale* , cioè a livello di *istanze* (ad es., nel modello relazionale l'istanza corrente è formata dalle tuple che popolano le tabelle).

# Differenza tra schemi e istanze nei modelli di dati

---

- ▶ Lo schema descrive la struttura, cioè *l'aspetto intensionale* (ad esempio, nel modello relazionale, l'istestazione delle tabelle).
- ▶ Ad ogni schema corrispondono più istanze (aspetto estensionale), anche se, istante per istante, solo una è quella significativa (ad esempio, nel modello relazionale l'istanza corrente è formata dalle tuple che popolano le tabelle).

# Differenza tra schemi e istanze nei modelli di dati

---

- ▶ Entità
- ▶ Attributi di entità
- ▶ Relazioni
- ▶ Ruoli
- ▶ Attributi di relazione
- ▶ IS-A e Generalizzazioni
- ▶ Vincoli di identificazione
- ▶ Vincoli di cardinalità
- ▶ Altri vincoli

# La nozione di entità

---

Una entità è una **classe di oggetti** (fatti, persone, cose) che sono di interesse per l'applicazione, che hanno esistenza autonoma, e che hanno proprietà comuni

## Esempi:

- ▶ **impiegato**
- ▶ **vendita**
- ▶ **dipartimento**
- ▶ **ordine**
- ▶ **città**
- ▶ **studente**

# Sintassi : Rappresentazione grafica di Entità

---

Ogni **entità** ha nome che la identifica in modo univoco nello schema, ed è rappresentata da un rettangolo nel diagramma che descrive lo schema stesso

## Esempi:



# Semantica delle Entità

---

- ▶ **Entità** : Una entità è una **classe di oggetti (fatti, persone, cose)** che sono di interesse per l'applicazione, che hanno esistenza autonoma, e che hanno proprietà comuni
  - A livello estensionale, un'entità è costituita da un insieme di oggetti, che sono chiamati le sue **istanze**
  - **Esempio** : istanze (E) = {e1, e2, e3, ...}
  - Una istanza di entità non è un valore che identifica un oggetto, ma è l'oggetto stesso
  - Ogni entità ha un nome che la identifica *in modo univoco* nello schema
- ▶ *Nota: nello schema concettuale rappresentiamo le entità, non le singole istanze (“astrazione”)*

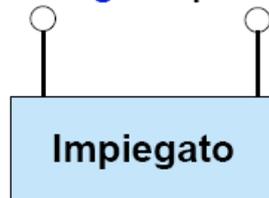
# Attributi di Entità

- ▶ **Attributi** : Un **attributo di entità** è una proprietà locale di un'entità, di interesse ai fini dell'applicazione. Una proprietà di un oggetto si dice **locale** quando in ogni istanza dello schema il valore di tale proprietà dipende solamente dall'oggetto stesso, e non ha alcun rapporto con altri elementi dell'istanza dello schema
  - Un attributo associa ad ogni istanza di entità un valore appartenente ad un insieme detto dominio dell'attributo (tipicamente, interi, caratteri, stringhe, ecc.)
  - A livello estensionale l'attributo **A** è una funzione totale

$$A : \textit{istanze}(E) \rightarrow D$$

cioè è una funzione che associa ad ogni oggetto che è istanza di **E** un valore appartenente al dominio **D** dell'attributo

Cognome/stringa   Stipendio/intero



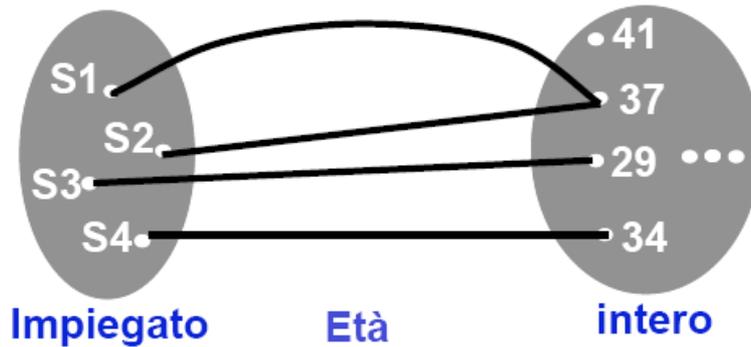
Il dominio associato ad un attributo viene generalmente tralasciato nella rappresentazione grafica

# Attributi : Esempio

## Livello intensionale



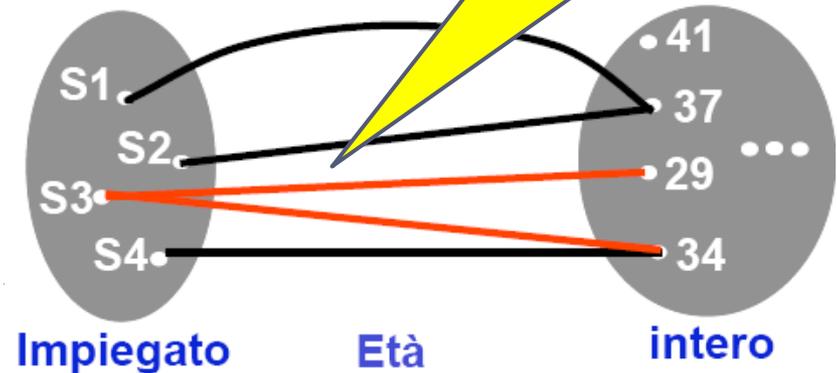
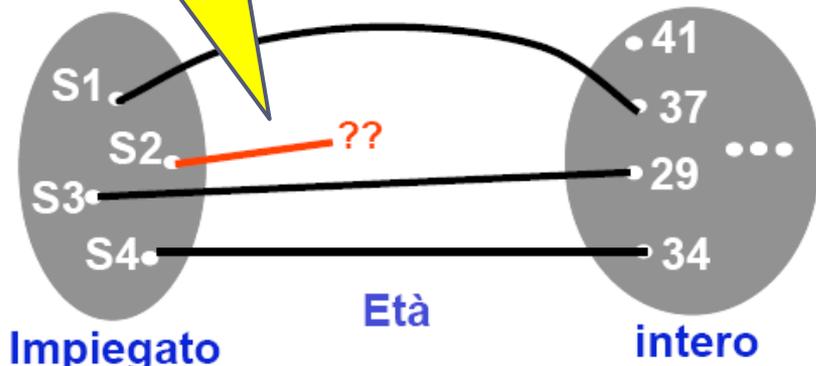
## Possibile livello estensionale



Manca il valore di età per S2! **Ricordarsi che un attributo è una funzione totale**

## Livelli estensionali non corretti

L'attributo Età associa due valori a S3! **Ricordarsi che un attributo è una funzione**



# La nozione di Relazione

---

Una **relazione** (o associazione) si definisce su due o più entità, e rappresenta un **legame** fra tali entità. Il numero di entità coinvolte in una relazione determina il suo **grado**

## Esempi

- ▶ **Residenza** (tra Persona e Città)
- ▶ **Afferenza** (tra Impiegato e Dipartimento)

# Modello E-R : Entità e Relazioni

---

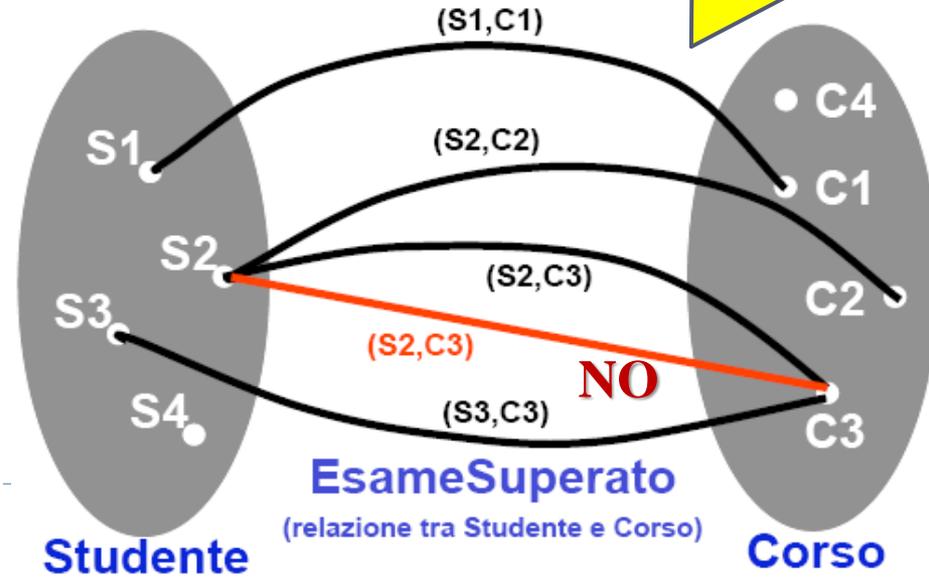
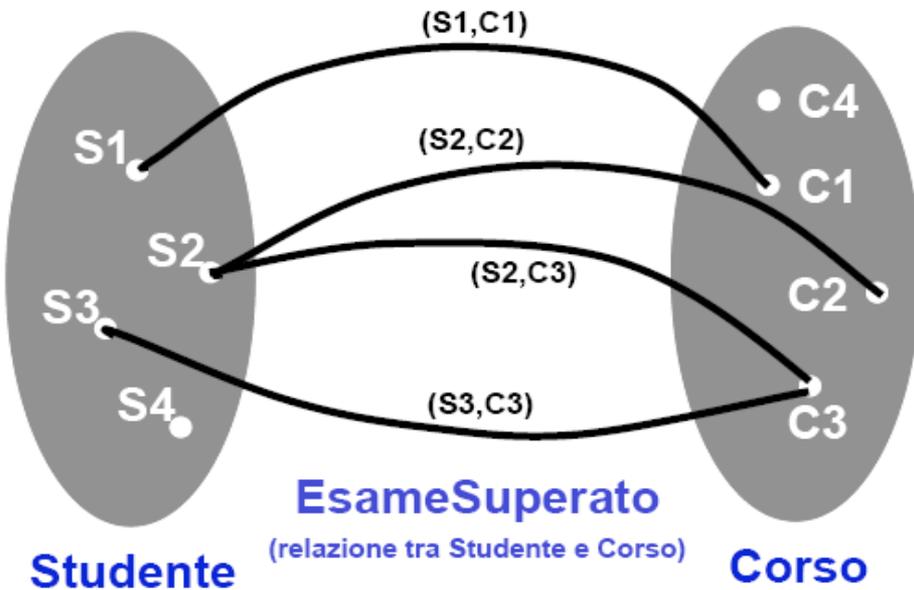
- ▶ **Relazioni** : Una relazione (o **associazione**) si definisce su due o più entità, e rappresenta un **legame fra tali entità**. Il numero di entità coinvolte in una relazione determina il suo **grado** (o **arità**).
  - A livello estensionale una relazione **R** tra le entità **E** ed **F** è costituita da un insieme di coppie **(x,y)**, tali che **x** è una istanza di **E**, ed **y** è una istanza di **F**. Ogni coppia è detta istanza della relazione **R**
  - **Esempio** :  $istanze(R) = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots\}$
  - In altre parole  $istanze(R) \subseteq istanze(E) \times istanze(F)$
  - Ogni relazione ha un nome che la identifica *in modo univoco* nello schema

# Esempio di Entità e Relazione



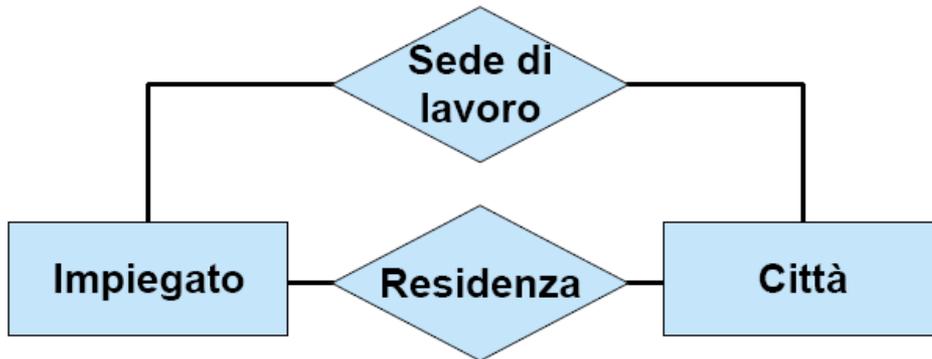
## Possibili livelli estensionali

**Non possono esistere** due istanze della stessa relazione che coinvolgono le stesse istanze di entità



# Relazioni n-arie

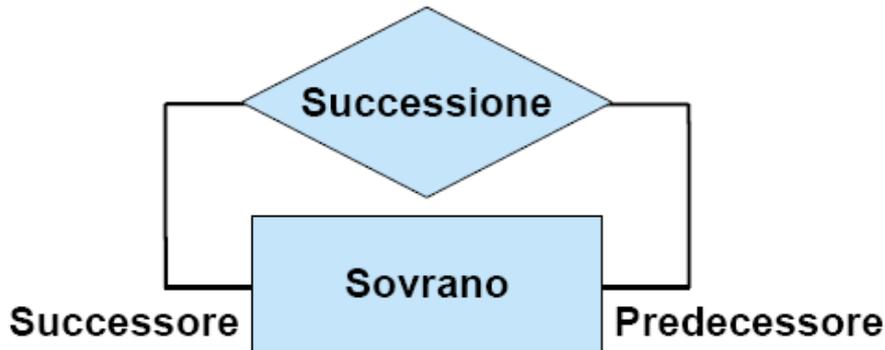
- Due entità possono essere coinvolte in più relazioni



*Sede di Lavoro e Residenza* rappresentano due legami diversi tra le stesse entità **Impiegato e Città**

Se la specifica del ruolo è assente, si assume che il nome del ruolo coincida con il nome dell'entità E che partecipa alla relazione

- Se una relazione insiste più volte su una stessa entità, in questi casi è necessario specificare i ruoli che l'entità gioca nella relazione

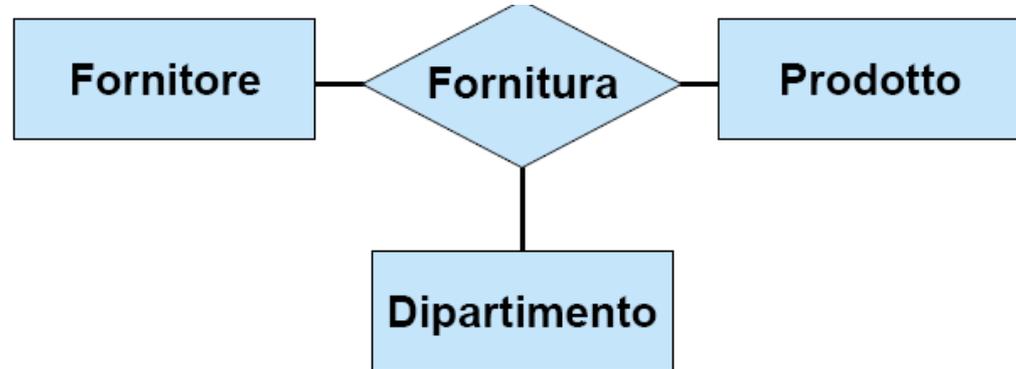


Possibile livello estensionale :

$istanze(Sovrano) = \{ romolo, numa, tullo, anco \}$   
 $istanze(Successione) = \{$   
 (Predecessore:romolo,Successore:numa),  
 (Predecessore:numa,Successore:tullo),  
 (Predecessore:tullo,Successore:anco)  
 $\}$

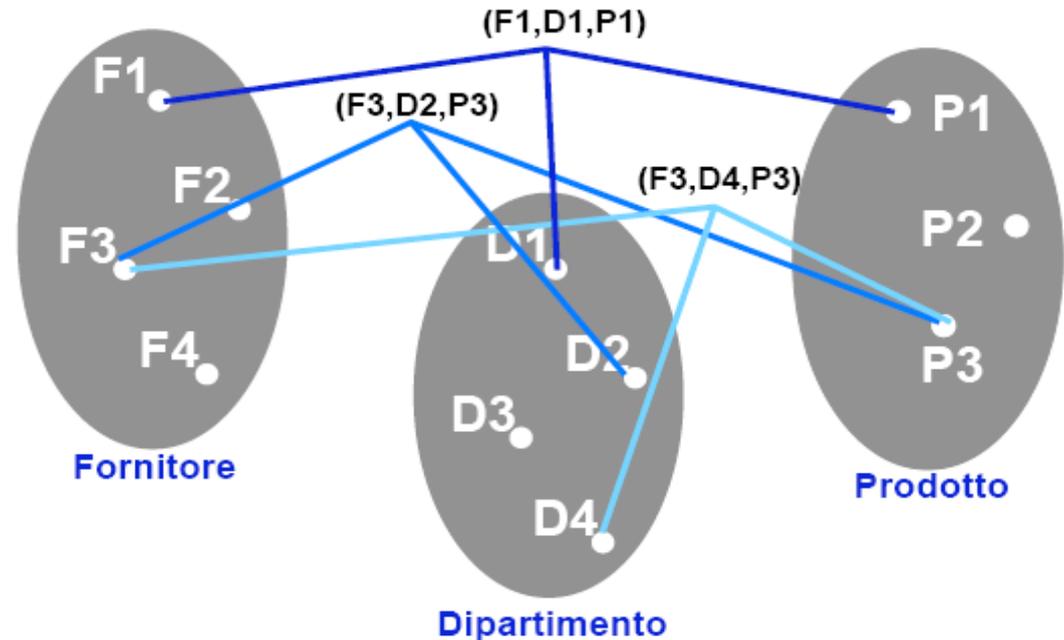
# Relazioni ternarie : Esempio

## Livello intensionale



**Relazione Fornitura**  
(tra Fornitore, Dipartimento e Prodotto)

## Possibile livello estensionale



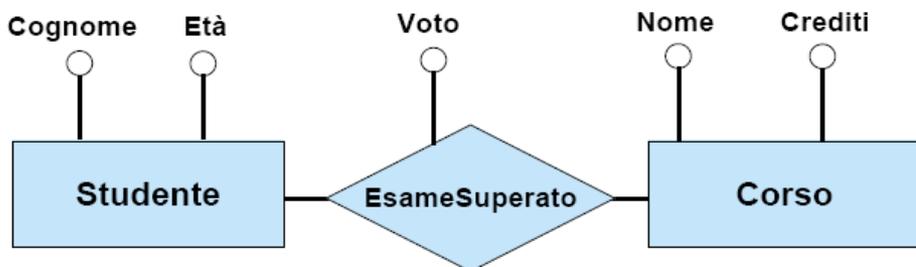
# Modello E-R : Attributi di relazione

- ▶ **Attributi di relazione:** Un attributo di relazione è una proprietà locale di una relazione, di interesse ai fini dell'applicazione.
  - Un attributo associa ad ogni istanza di relazione  $R$  un valore appartenente ad un insieme  $D$  detto **dominio dell'attributo**
  - In altre parole, a livello estensionale l'attributo  $A$  è una funzione totale

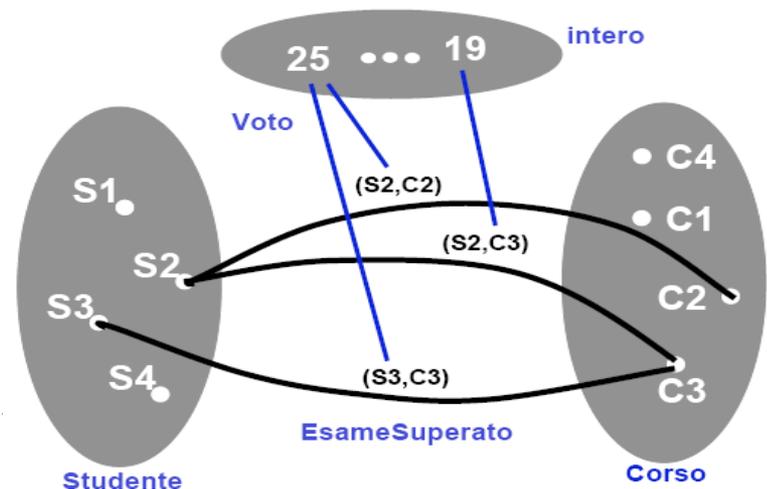
$$A : \text{istanze}(R) \rightarrow D$$

cioè l'attributo  $A$  è una funzione che associa ad ogni tupla che è istanza di  $R$  un valore appartenente al dominio  $D$  dell'attributo

## Livello intensionale



## Possibile livello estensionale



# Esercizio 1: schema concettuale

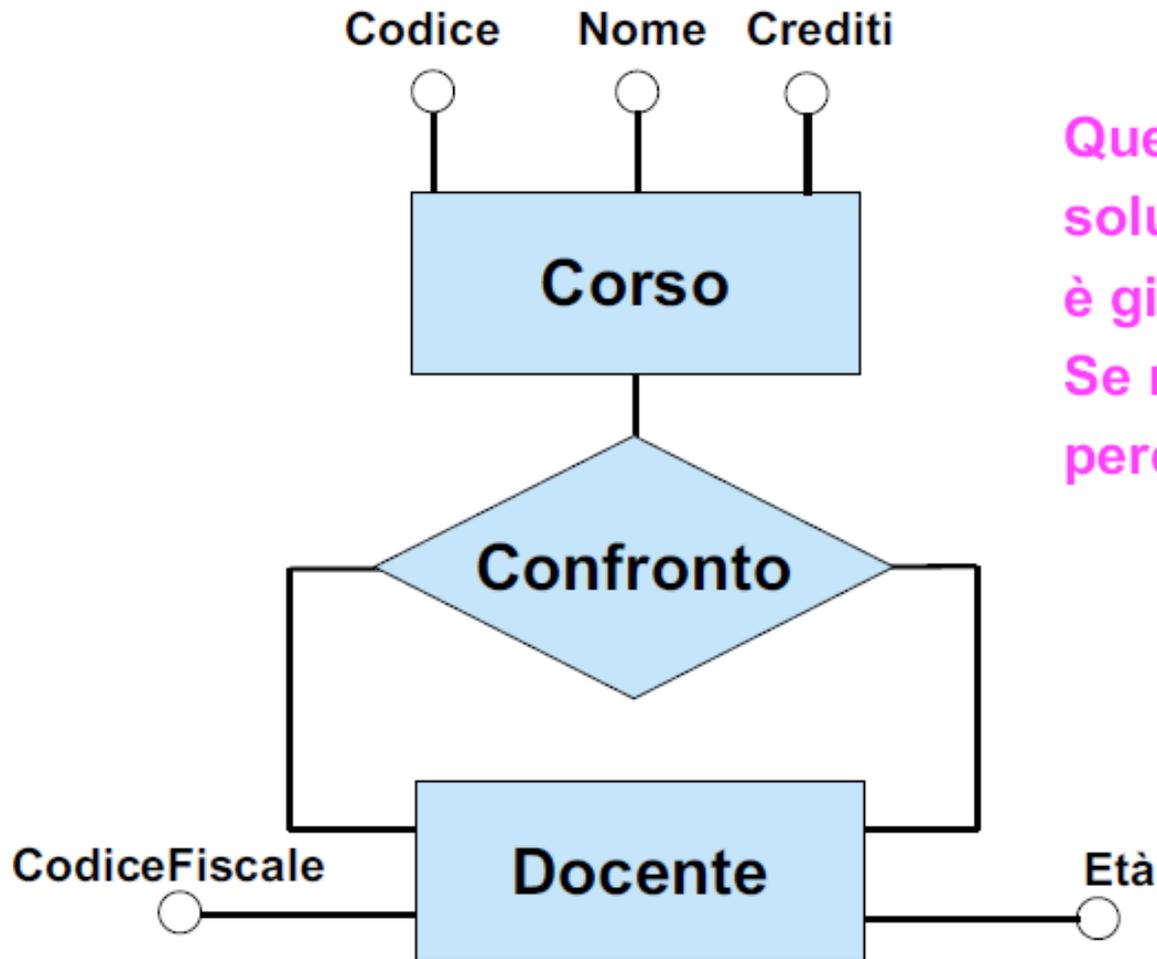
---

Descrivere lo schema concettuale della seguente realtà:

I docenti hanno un codice fiscale ed una età. I corsi hanno un codice identificativo, un nome, ed il numero di crediti. Sfruttando i moduli di valutazione dei corsi e dei docenti da parte degli studenti, si vuole rappresentare nella base di dati l'informazione se un docente è migliore di un altro nell'insegnare un corso.

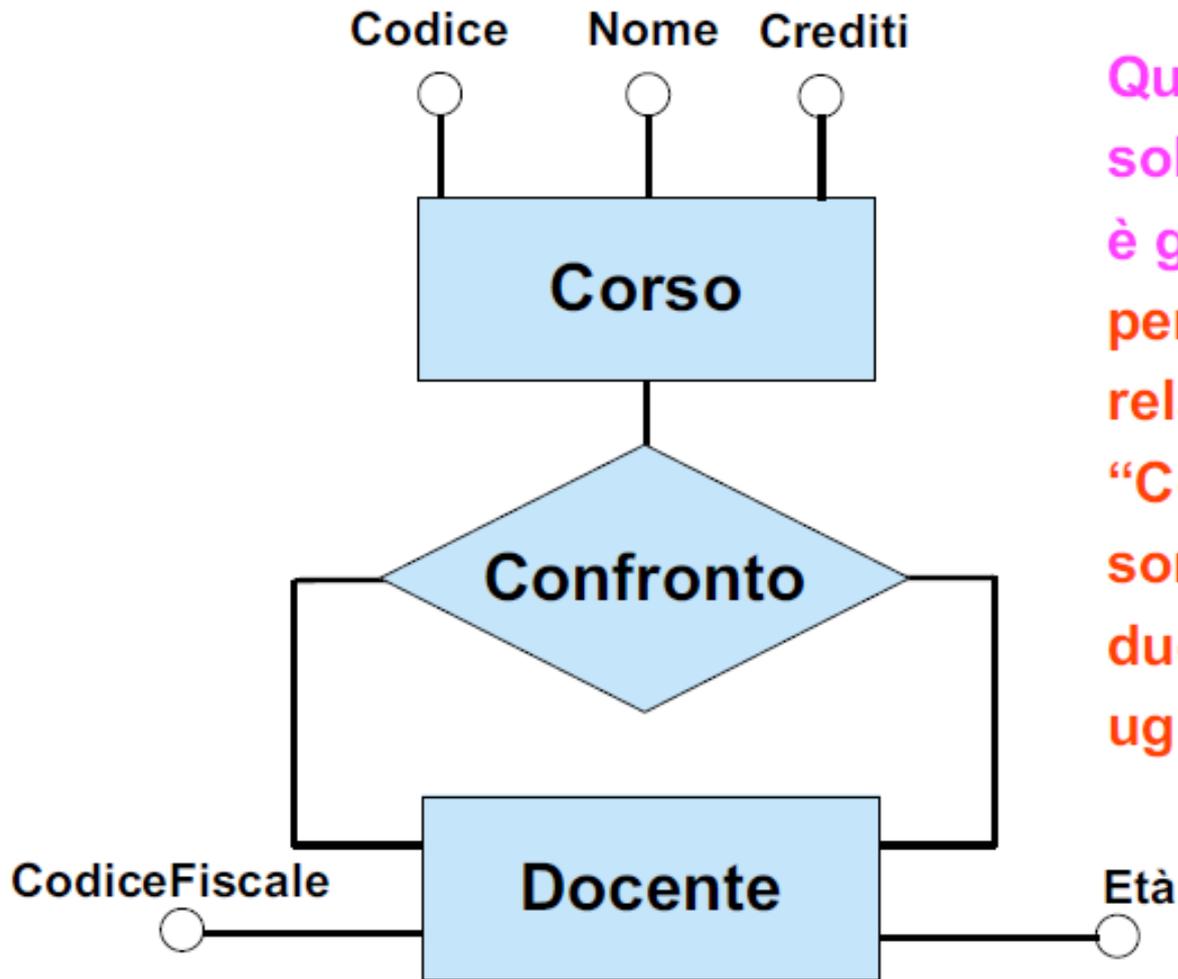
# Soluzione Esercizio 1

---



Questa  
soluzione  
è giusta?  
Se no,  
perché ?

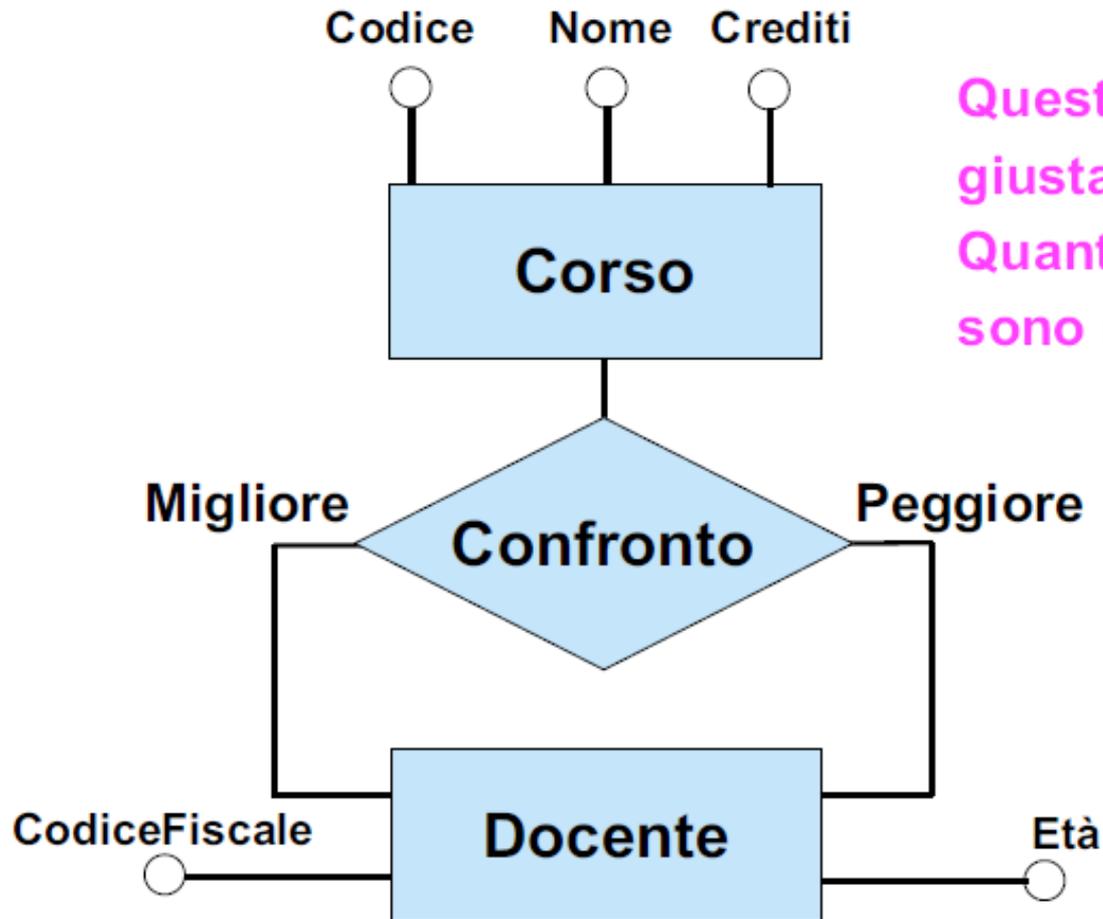
# Soluzione Esercizio 1



Questa  
soluzione  
è giusta? **NO**,  
perché nella  
relazione  
“Confronto”  
sono definiti  
due ruoli  
uguali

# Soluzione Esercizio 1

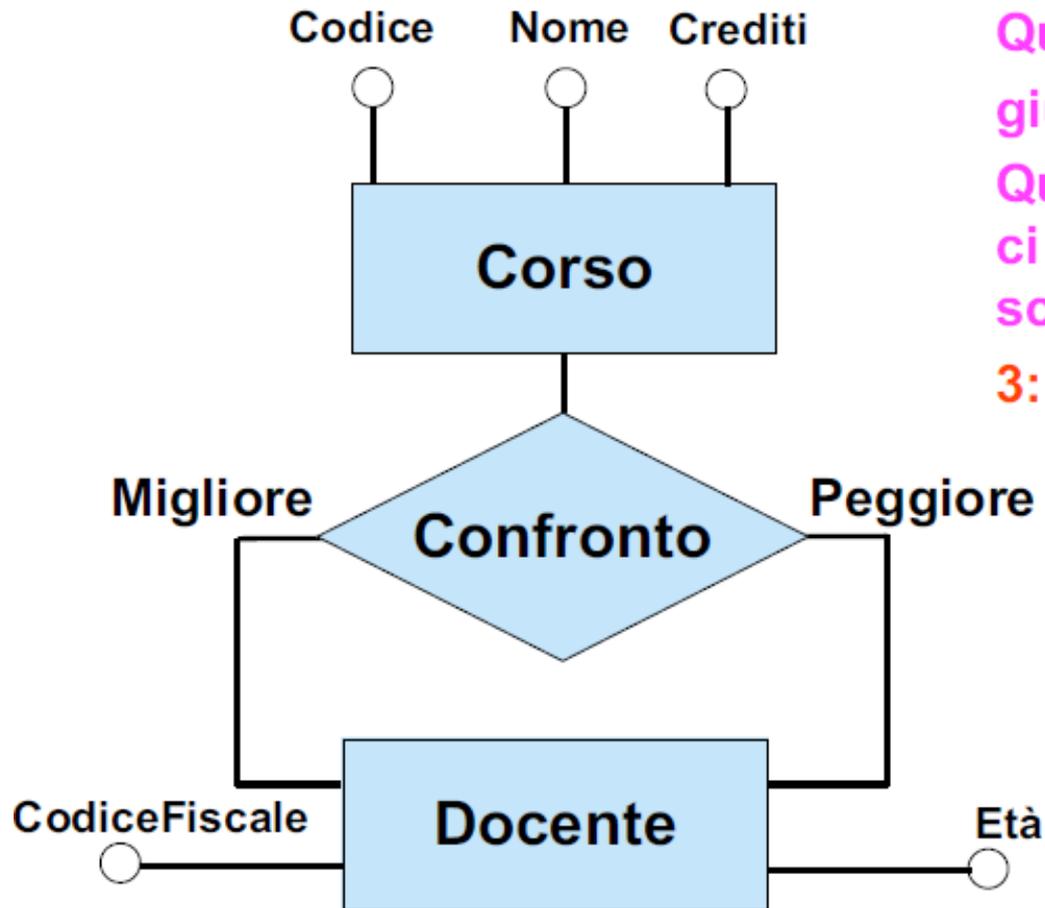
---



Questa soluzione è giusta?

Quanti e quali ruoli ci sono nello schema ?

# Soluzione Esercizio 1



Questa soluzione è giusta? **SI'**

Quanti e quali ruoli ci sono nello schema ?

**3: Corso, Migliore, Peggior**

# Esercizio 2: schema concettuale

---

Descrivere lo schema concettuale della seguente realtà:

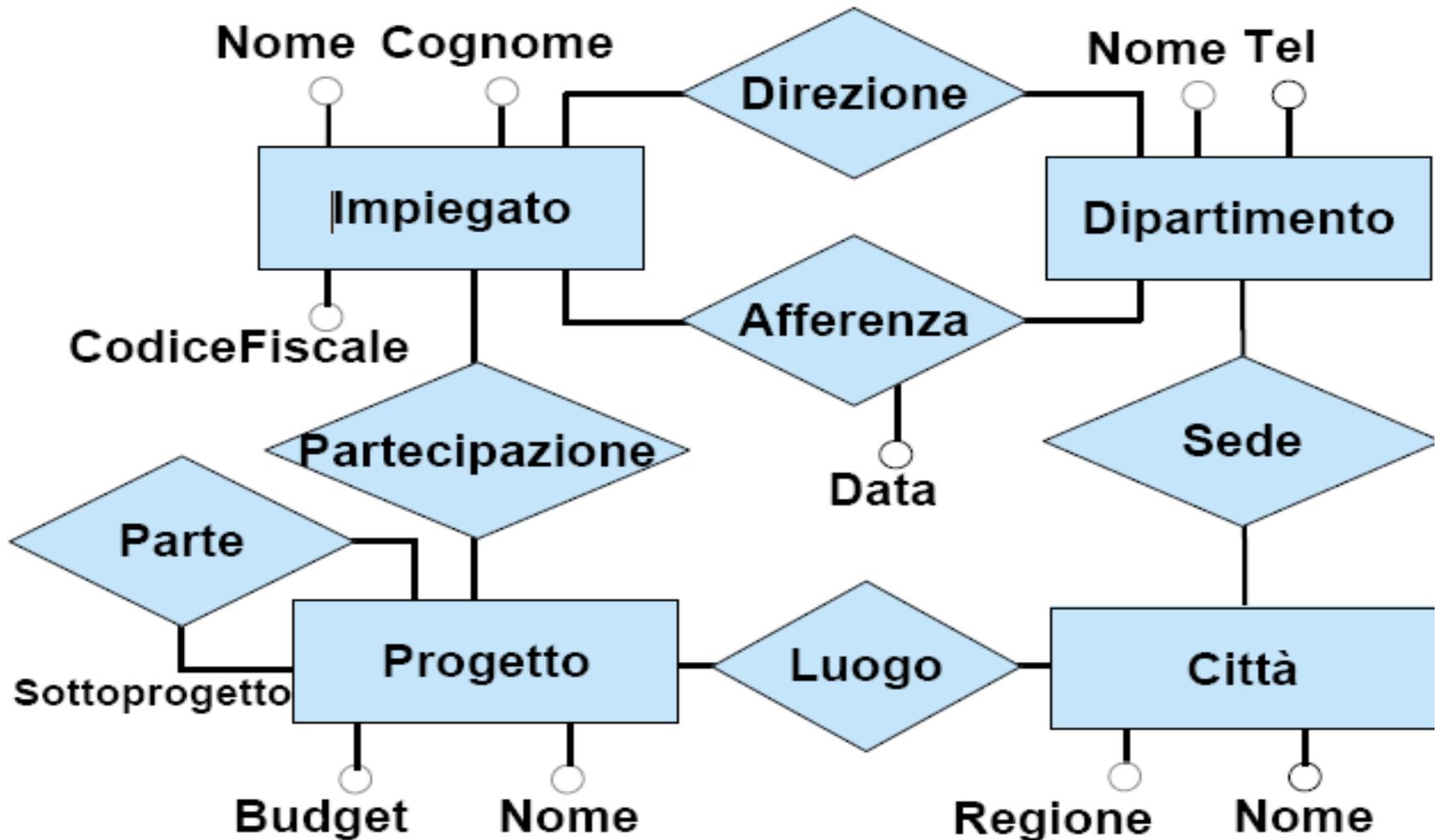
Degli impiegati interessa il codice fiscale, il nome, il cognome, i dipartimenti ai quali afferiscono (con la data di afferenza), ed i progetti ai quali partecipano.

Dei progetti interessa il nome, il budget, e la città in cui hanno luogo le corrispondenti attività.

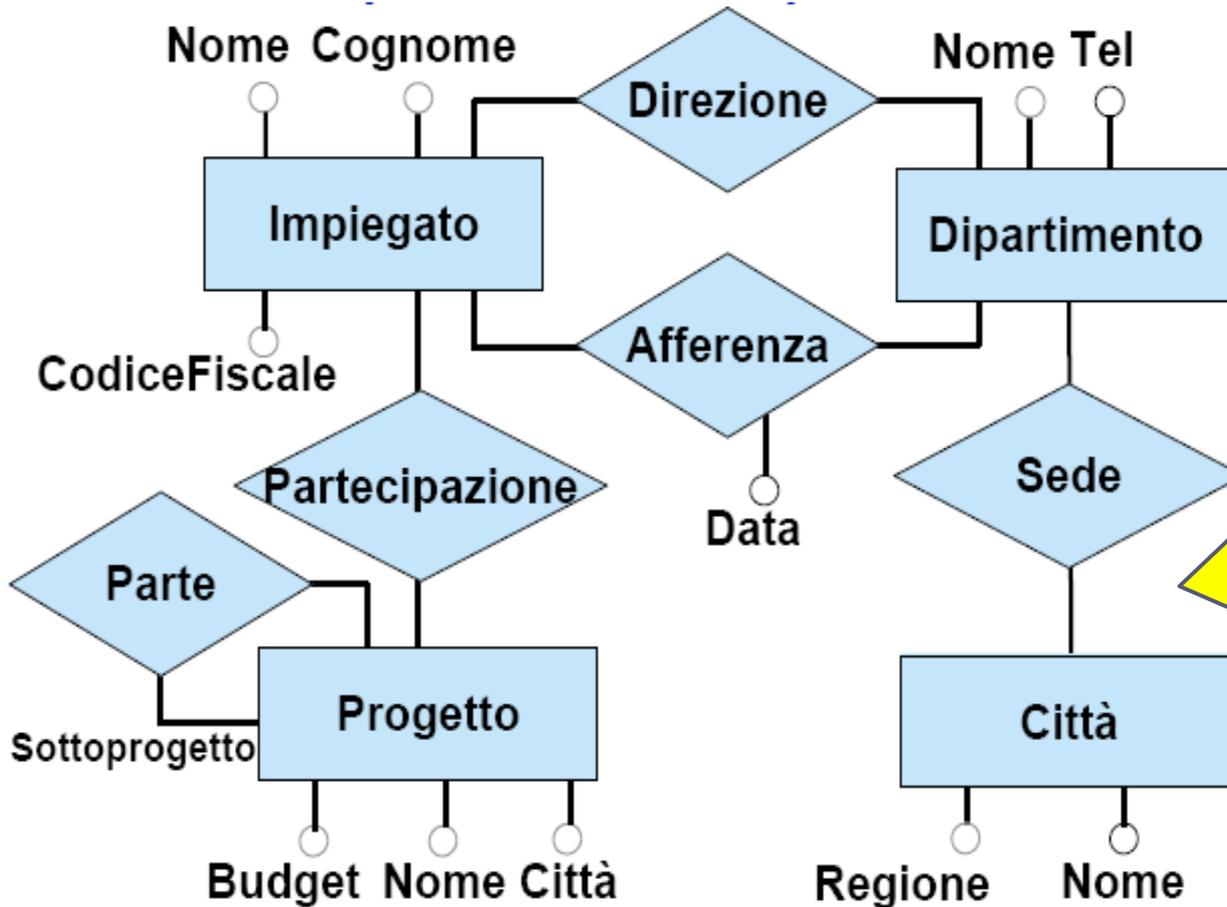
Alcuni progetti sono parti di altri progetti, e sono detti loro sottoprogetti. Dei dipartimenti interessa il nome, il numero di telefono, gli impiegati che li dirigono, e la città dove è localizzata la sede.

Delle città interessa il nome e la regione.

# Soluzione Esercizio 2



# Soluzione alternativa Esercizio 2



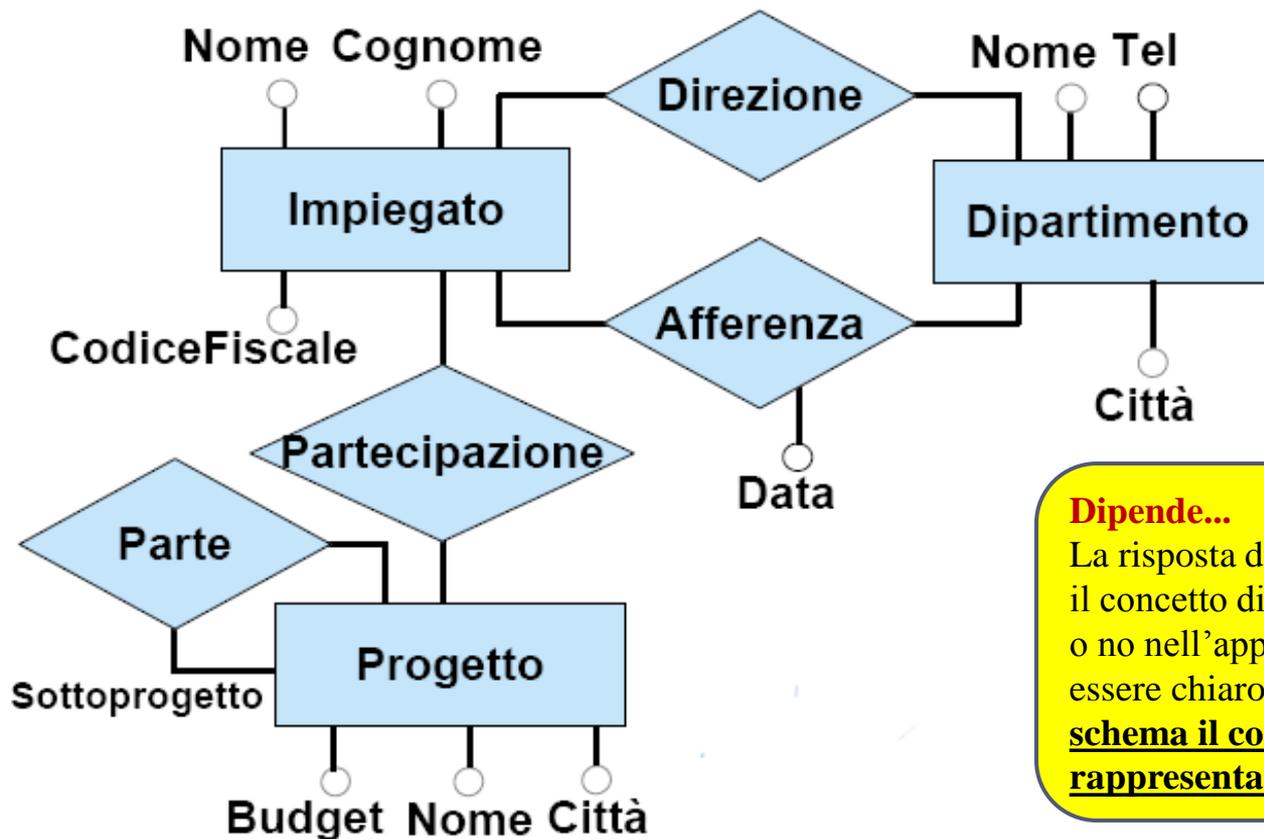
## **SCHEMA ERRATO**

L'errore sta nell'aver rappresentato il luogo di svolgimento di un progetto come un attributo. In realtà il luogo di svolgimento è una città, e **questo viene perso nello schema**.

Detto in altro modo, nello schema il luogo di progetto è rappresentato come una proprietà locale di **Progetto**, perdendo così il legame con l'entità **Città**

# Soluzione alternativa Esercizio 2

- ▶ Supponendo che non interessi la regione delle città, ci sono errori in questo schema?



## Dipende...

La risposta dipende dal fatto se il concetto di “città” è importante o no nell’applicazione. Deve essere chiaro che **in questo schema il concetto di Città non è rappresentato**

# Scelta tra Entità, Attributi e Relazioni

---

Un concetto verrà modellato come

▶ **una entità**

- se le sue istanze sono concettualmente significative indipendentemente da altre istanze
- se ha o potrà avere delle proprietà indipendenti dagli altri concetti
- se il concetto è importante nell'applicazione

▶ **una relazione**

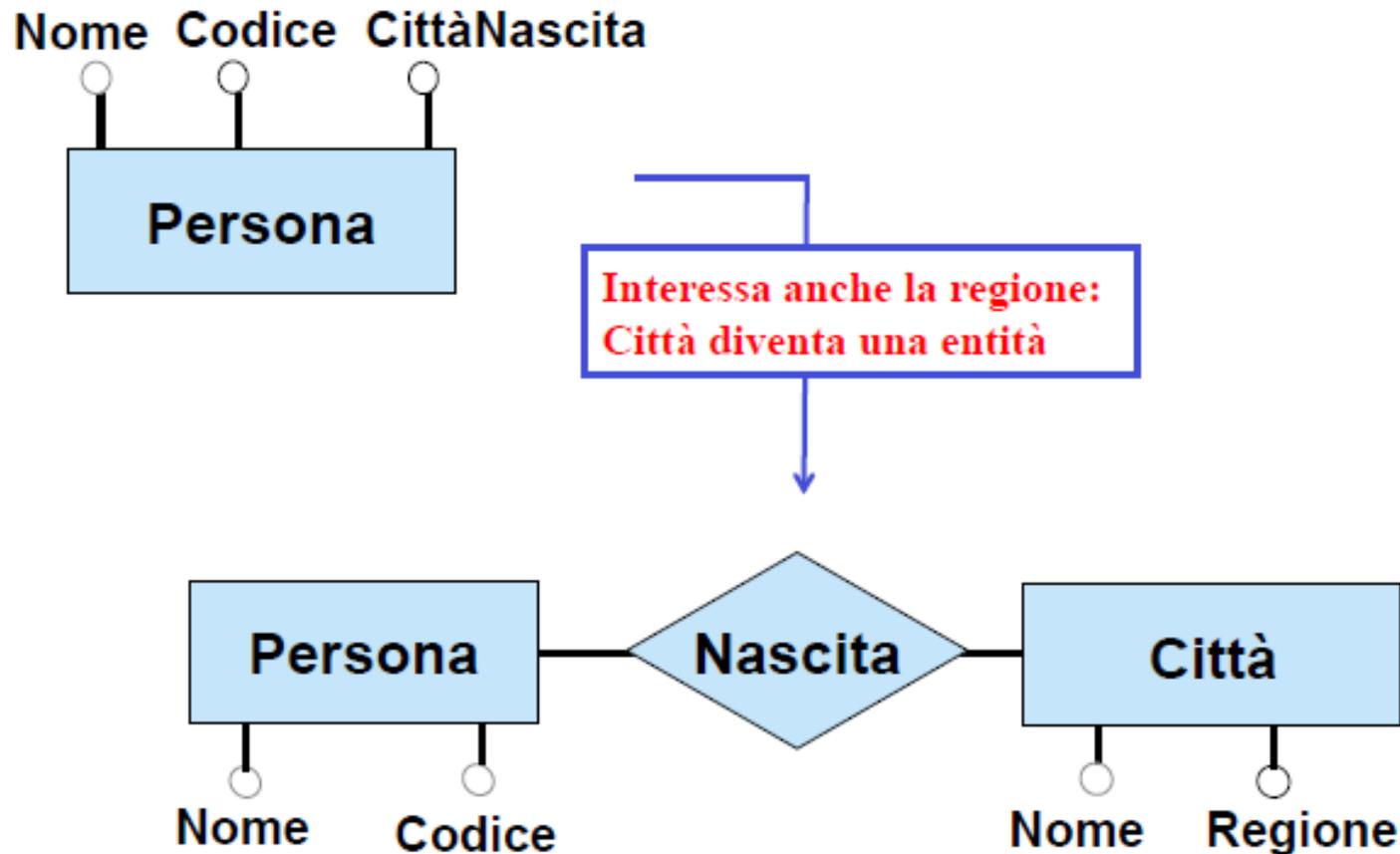
- se le sue istanze non sono concettualmente significative indipendentemente da altre istanze, cioè se le sue istanze rappresentano n-ple di altre istanze
- se non ha senso pensare alla partecipazione delle sue istanze ad altre relazioni

▶ **un attributo di una entità o relazione**

- se le sue istanze non sono concettualmente significative
- se non ha senso considerare una sua istanza indipendentemente da altre istanze
- se serve solo a rappresentare una proprietà locale di un altro concetto

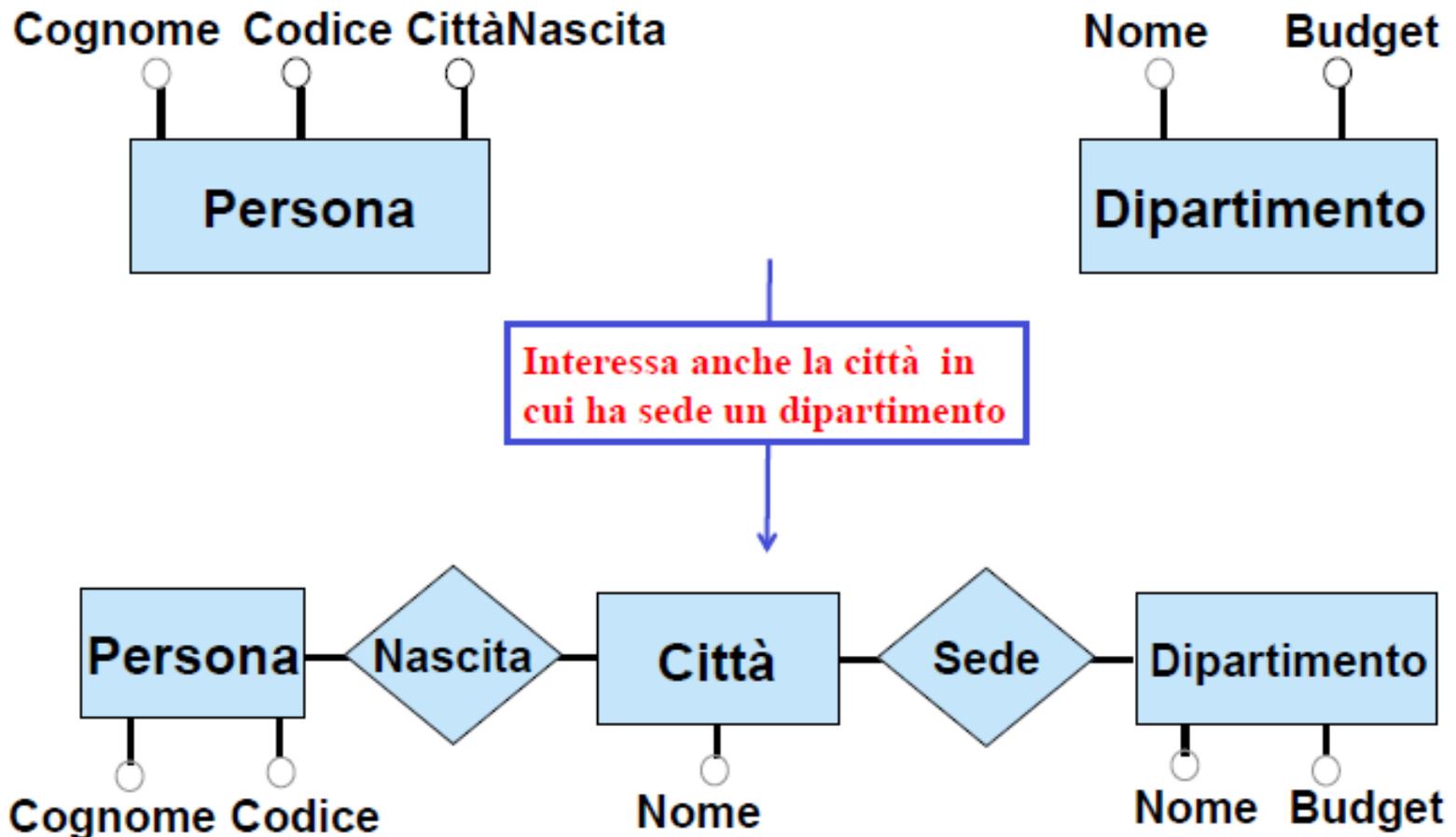
# Scelta tra Entità e Attributo

Le scelte possono cambiare durante l'analisi. Esempio:



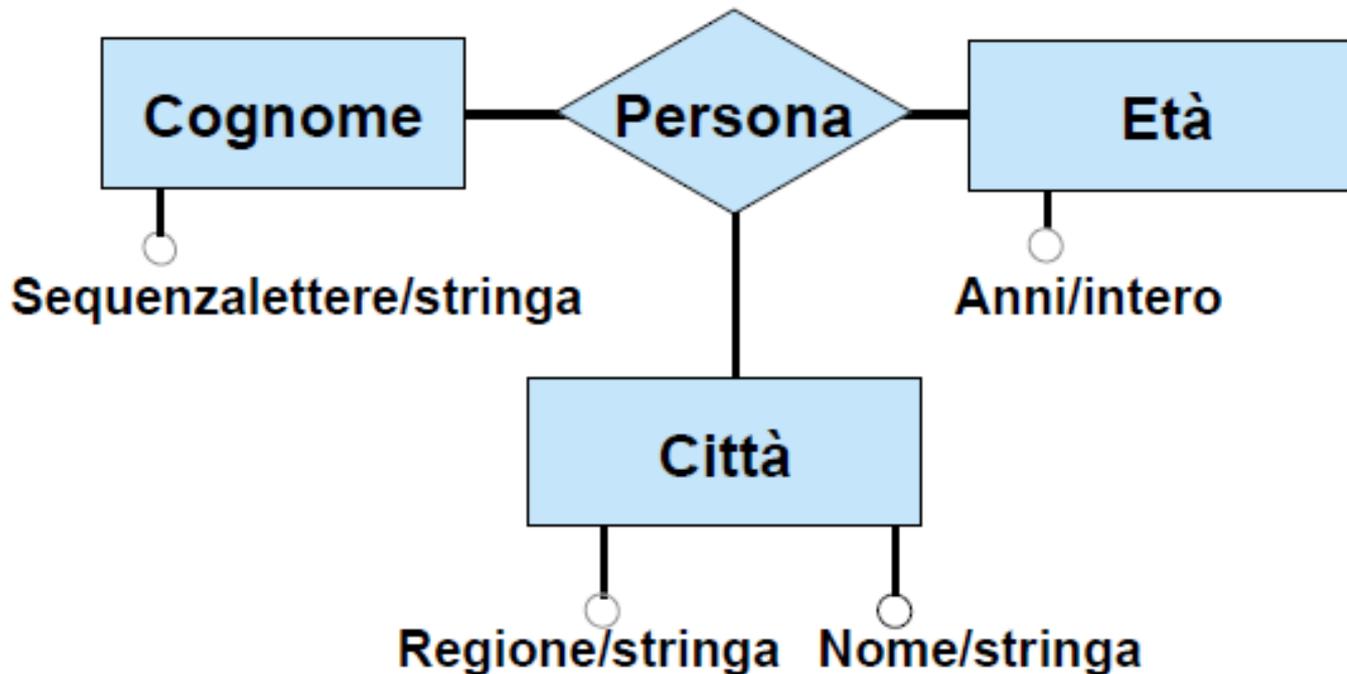
# Scelta tra Entità e Attributo

Le scelte possono cambiare durante l'analisi. Esempio:



# Esercizio : Scelta tra Entità e Relazione

In un contesto in cui occorre rappresentare le persone e le loro proprietà, questo schema è chiaramente sbagliato. Perché?



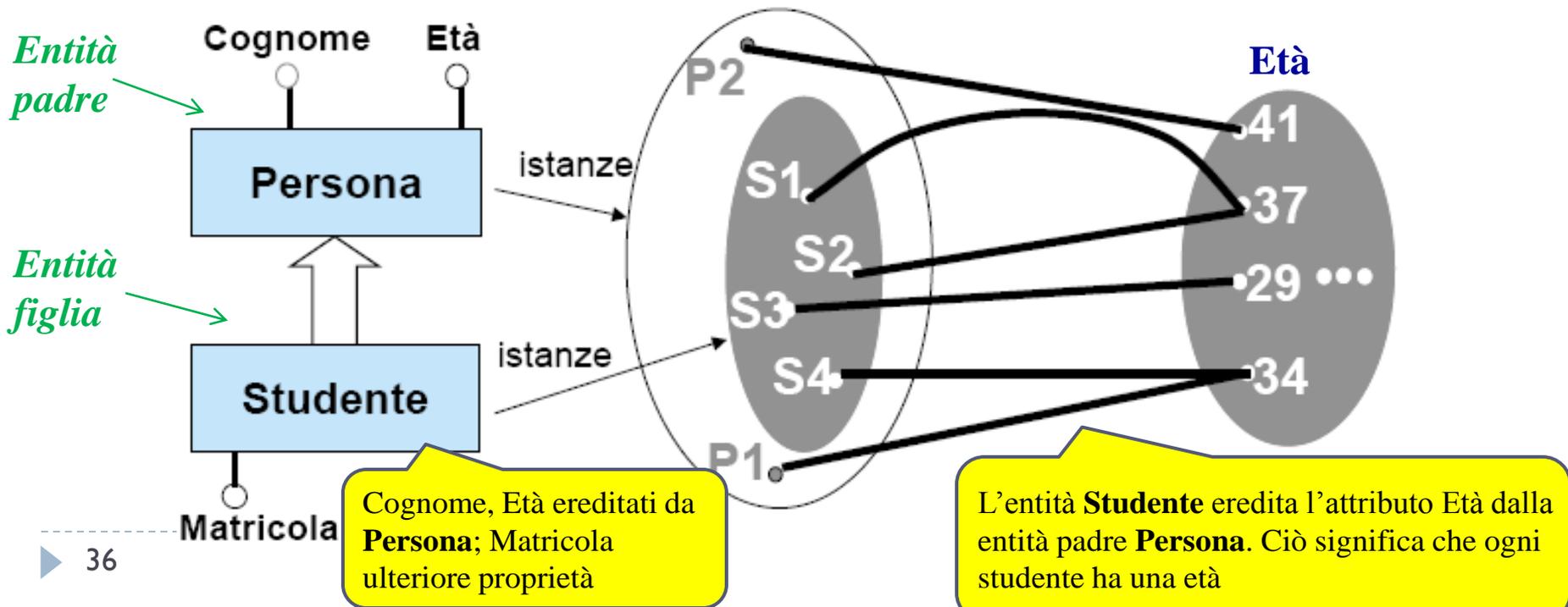
# Soluzione : Scelta tra Entità e Relazione

---

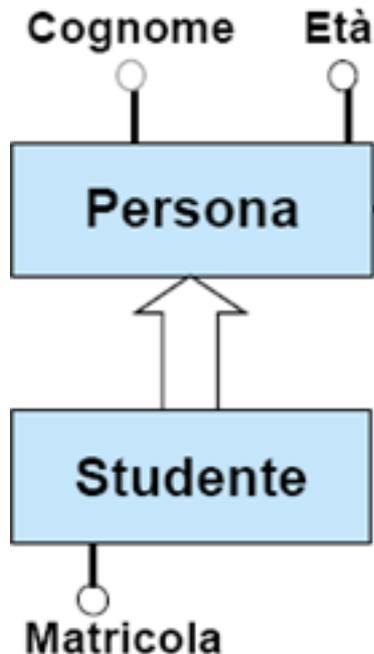
- Nello schema, la classe delle persone non è modellato, nel senso che, a livello estensionale non esistono oggetti con significato autonomo che sono istanze di persone
- A livello estensionale ogni persona sarà quindi rappresentata da una tupla, che, per definizione, esiste solo perchè esistono le sue componenti. E' come dire che una persona esiste solo perchè ha un cognome, una età, ed una città di nascita
- Modellando Cognome come entità, lo schema asserisce implicitamente che i cognomi sono oggetti la cui esistenza autonoma è di interesse per la nostra applicazione, e questo è chiaramente assurdo. Stessa considerazione vale per Età
- Infine, per la semantica delle relazioni, lo schema asserisce implicitamente che non esistono due persone con lo stesso cognome, la stessa età e la stessa città di nascita, e anche questo è assurdo.

# La nozione di relazione ISA tra entità

- ▶ La relazione **ISA** nel modello ER si può definire tra due entità, che si dicono “entità padre” ed “entità figlia”. Un’istanza dell’entità figlia è anche un’istanza dell’entità padre
  - ogni proprietà dell’entità padre è anche una proprietà della sottoentità, e non si riporta esplicitamente nel diagramma. L’entità figlia può avere ovviamente ulteriori proprietà
  - **ATTENZIONE:** vige la regola che una entità può avere al massimo una entità padre. In altre parole, il modello ER **non ammette ereditarietà multipla**



# Esempi di istanze valide/non valide



## Possibili livelli estensionali validi :

### Istanza 1:

$istanze(Persona) = \{ a, b, c, d \}$   
 $istanze(Studente) = \{ b, d \}$

### Istanza 2:

$istanze(Persona) = \{ a, b, c, d \}$   
 $istanze(Studente) = \{ a, b, c, d \}$

### Istanza 3:

$istanze(Persona) = \{ a, b, c, d \}$   
 $istanze(Studente) = \{ \}$

## Livello estensionale non valido

### Istanza 4:

$istanze(Persona) = \{ a \}$   
 $istanze(Studente) = \{ a, b \}$

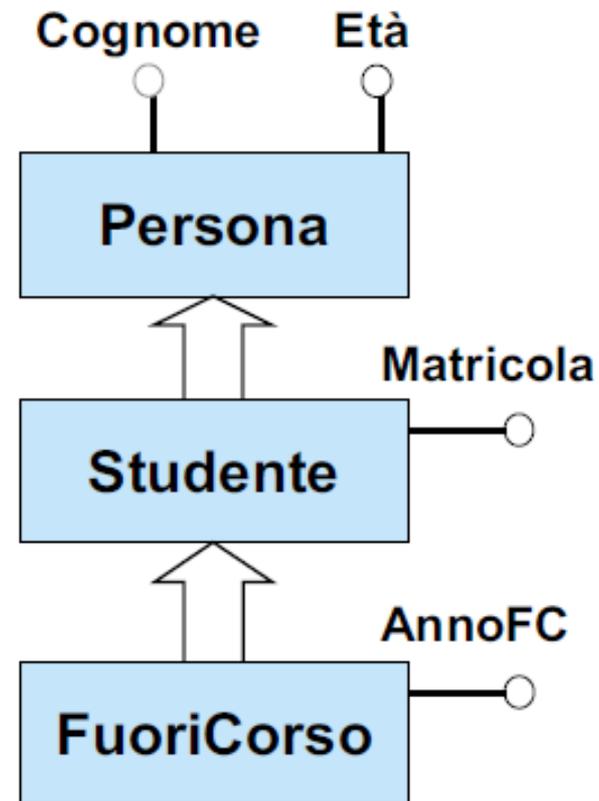
**Non pu  esistere** un'istanza di **Studente** che non sia un'istanza di **Persona**

# Ereditarietà delle relazioni : transitività

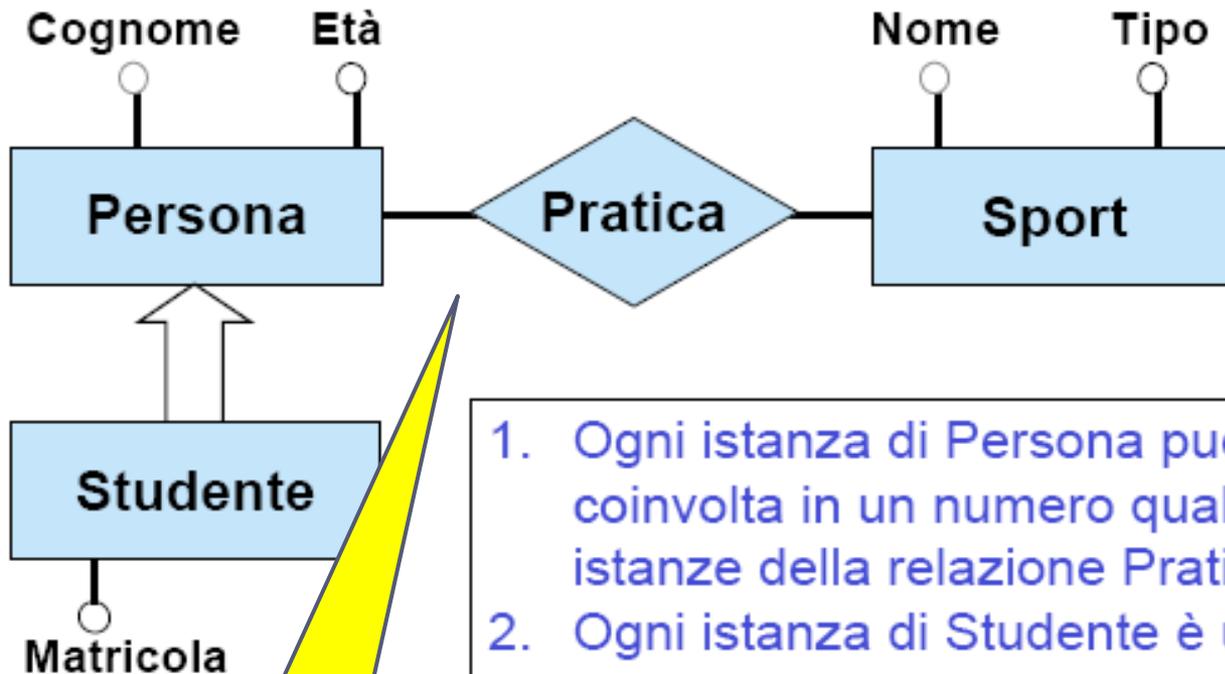
Principio di ereditarietà: anche la relazione ISA si eredita.  
Questo conferma che la relazione ISA è transitiva (oltre a essere riflessiva)

**Dal fatto che**

1. Ogni istanza di **Studente** è una istanza di **Persona**
  2. Ogni istanza di **FuoriCorso** è una istanza di **Studente**
- segue logicamente che**
3. Ogni istanza di **FuoriCorso** è una istanza di **Persona**



# Ereditarietà delle relazioni



Le entità figlie ereditano le relazioni a cui è collegata l'entità padre

1. Ogni istanza di Persona può essere coinvolta in un numero qualunque di istanze della relazione Pratica
  2. Ogni istanza di Studente è una istanza di Persona
- quindi**
3. Ogni istanza di Studente può essere coinvolta in un numero qualunque di istanze della relazione Pratica

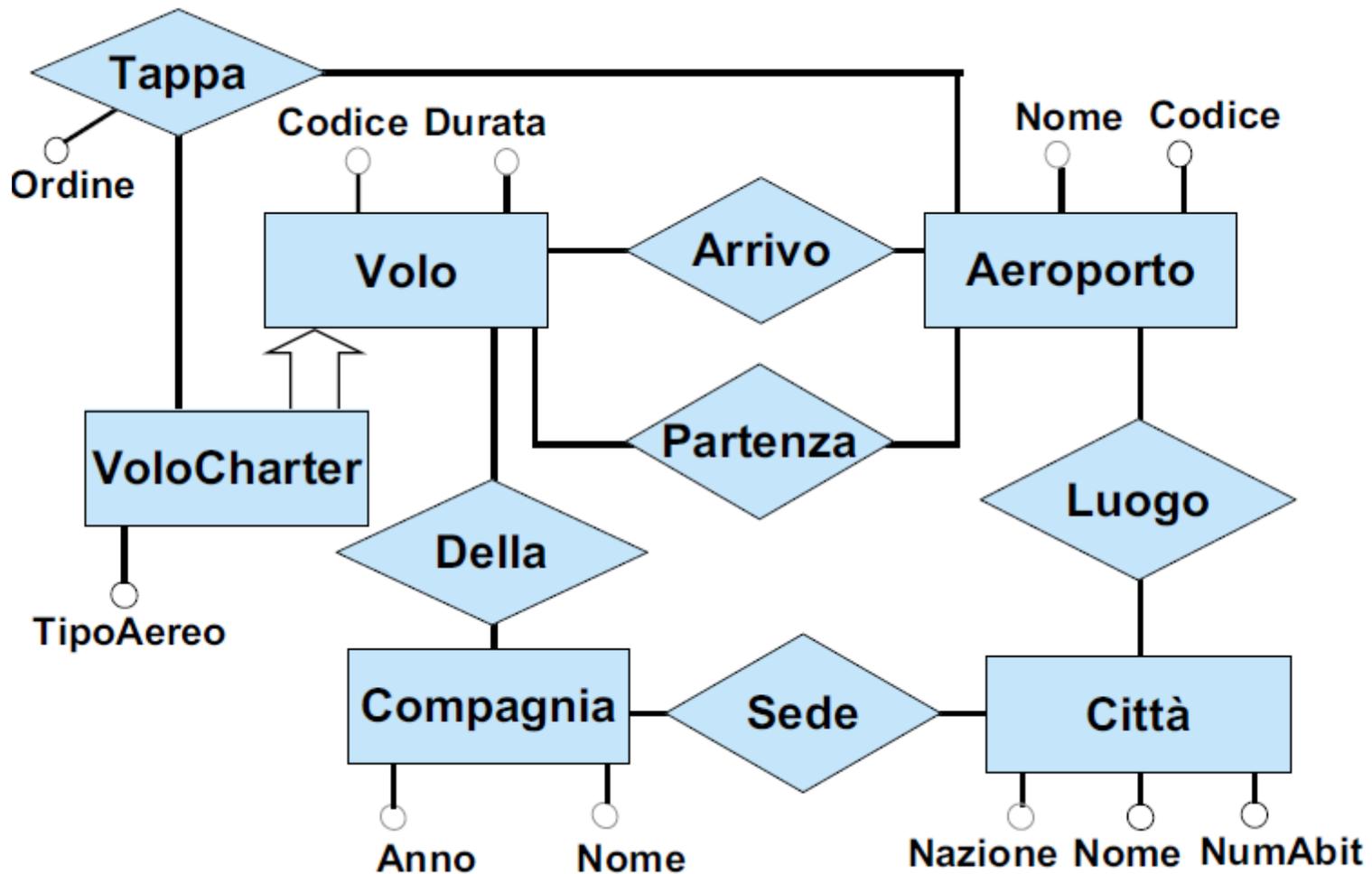
# Esercizio 3: schema concettuale

---

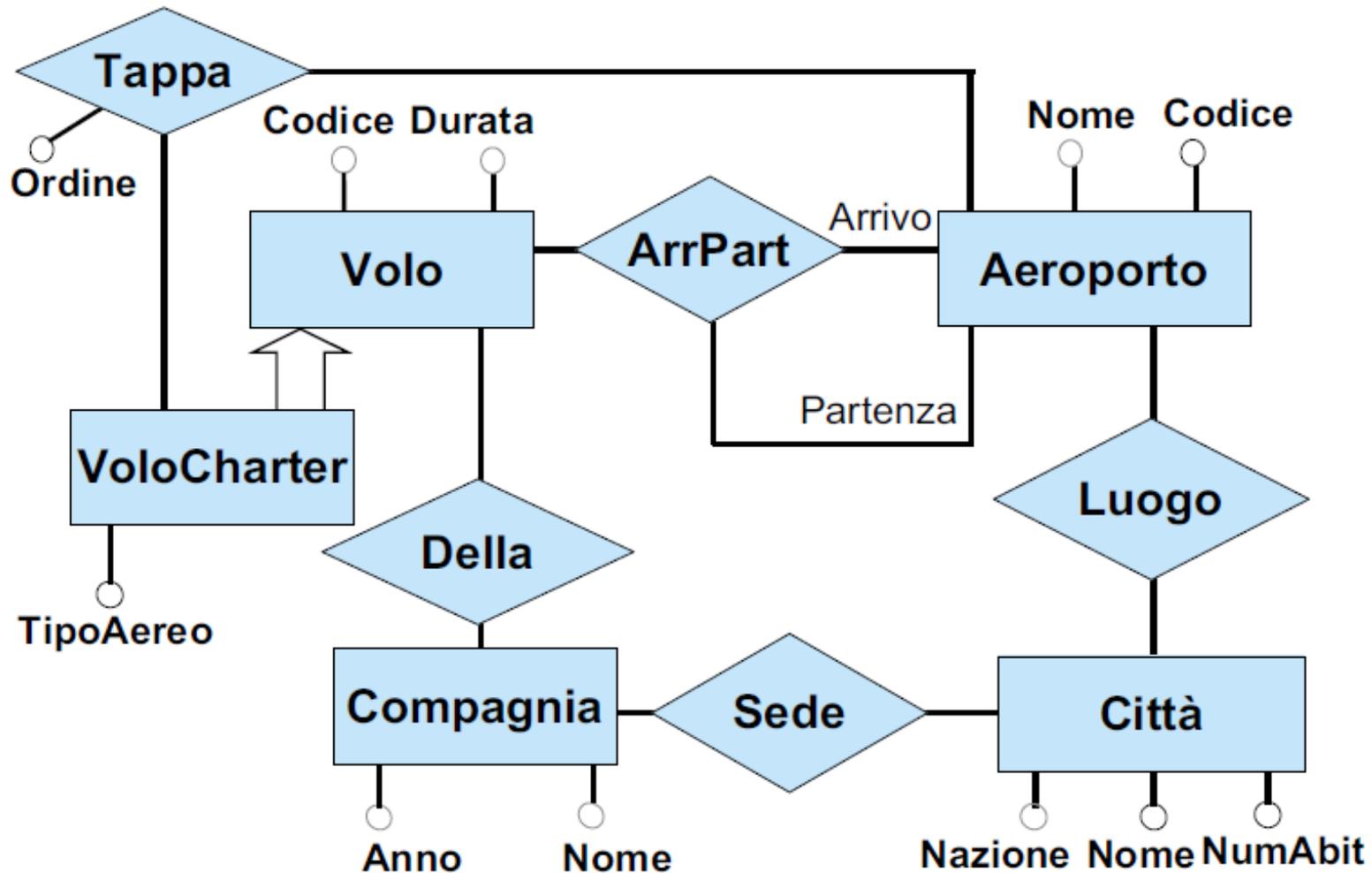
Descrivere lo schema concettuale corrispondente ad un'applicazione riguardante voli aerei, per la quale valgono le seguenti specifiche.

Dei voli interessa: codice, durata in minuti, compagnia aerea, aeroporto di partenza e aeroporto di arrivo. Degli aeroporti interessa: codice, nome, città (con nome e numero di abitanti) e nazione. Delle compagnie aeree interessa il nome, l'anno di fondazione, e la città in cui ha sede la direzione. I voli charter sono particolari voli, che possono prevedere tappe intermedie in aeroporti. Delle tappe intermedie di un volo charter interessa l'ordine con cui esse si susseguono (ad esempio, il volo 124, che parte da “Milano Linate” e arriva a “Palermo Punta Raisi”, prevede prima l'aeroporto di Bologna e poi quello di Napoli come tappe intermedie). Infine, dei voli charter interessa anche il tipo di aereomobile utilizzato per il volo.

# Soluzione Esercizio 3



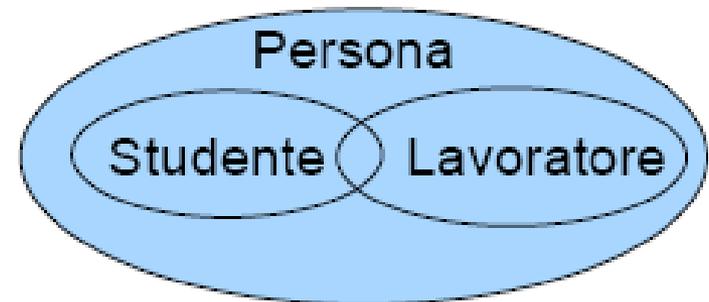
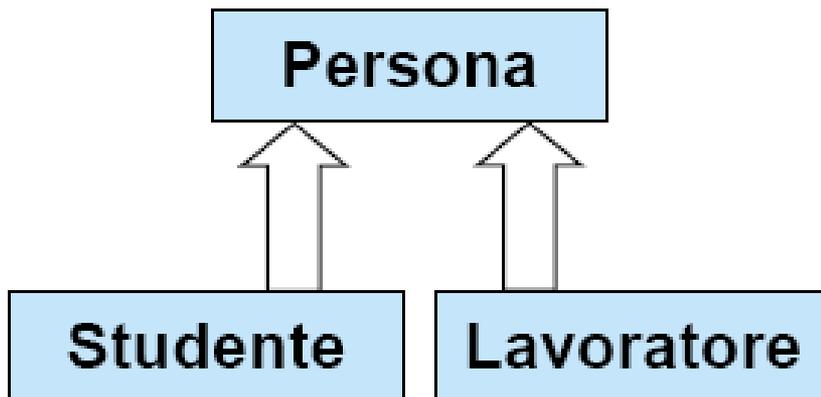
# Soluzione alternativa Esercizio 3



# Diverse figlie di una entità

---

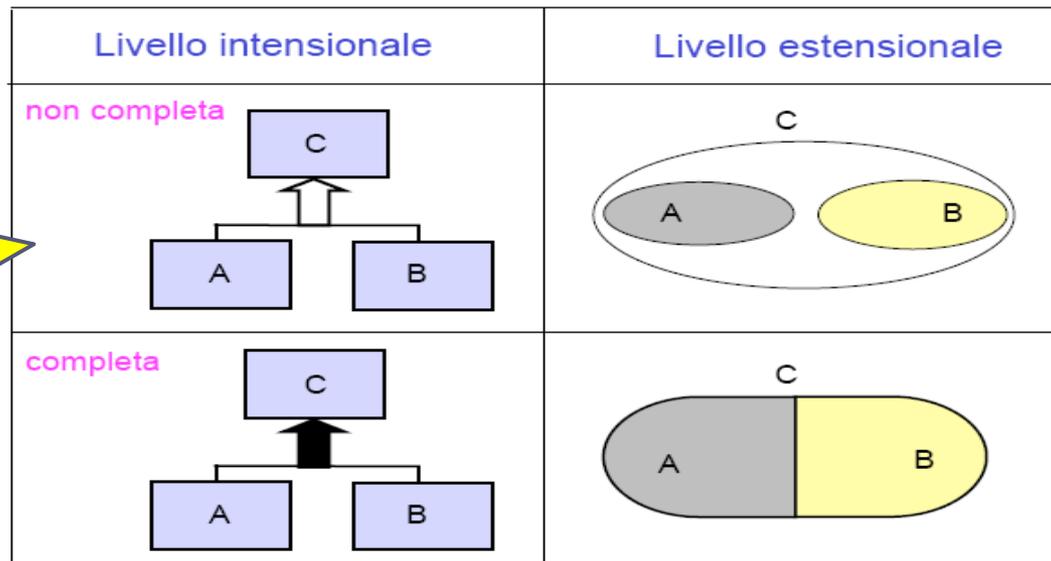
- ▶ Una entità può avere ovviamente diverse entità figlie
- ▶ Le istanze di due entità che sono figlie della stessa entità possono avere istanze in comune
- ▶ Questo significa che, al contrario di UML, nel modello ER uno stesso oggetto può essere istanza di diverse classi più specifiche



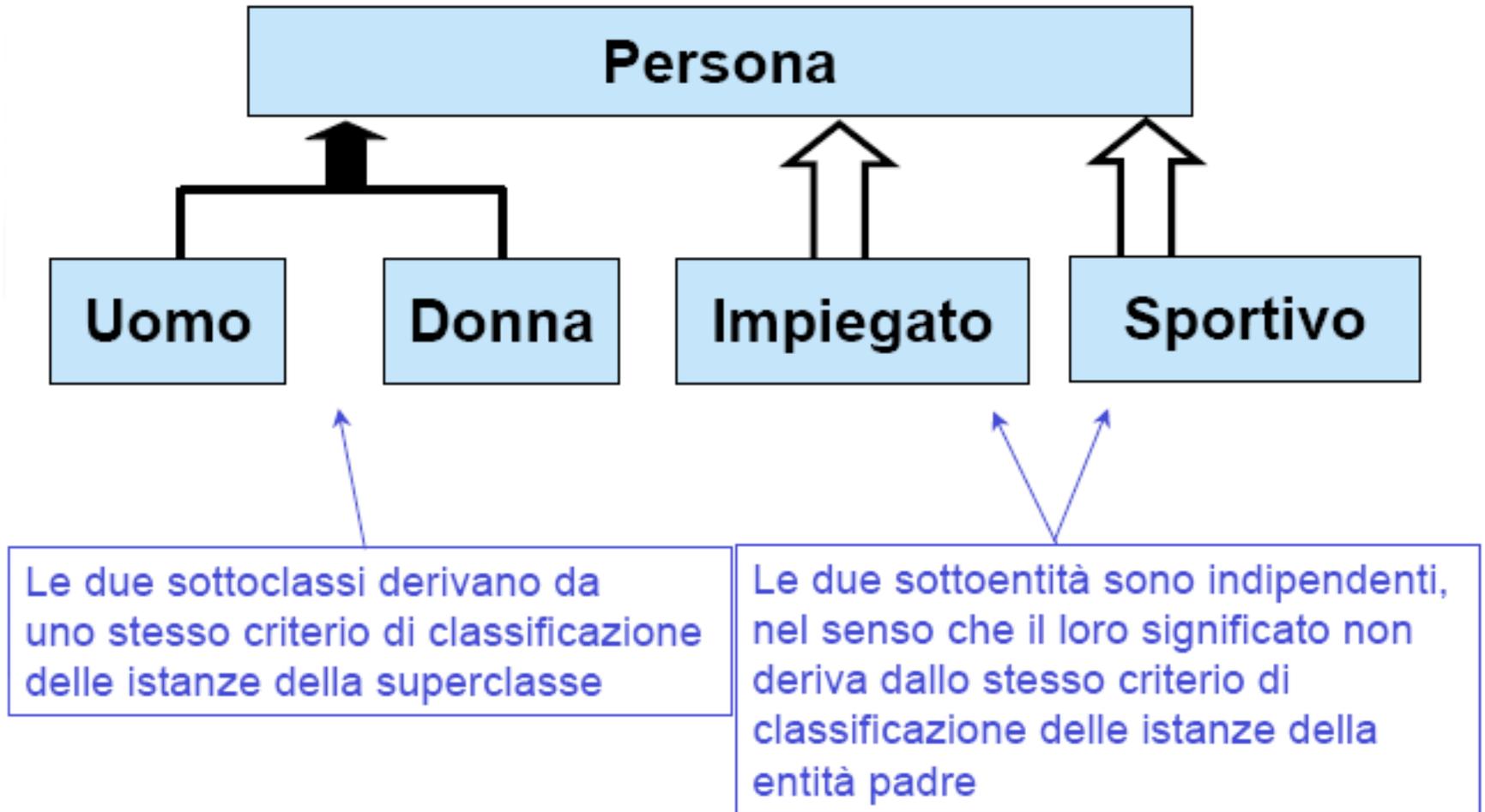
# La nozione di generalizzazione tra entità

- ▶ Talvolta, però, l'entità padre può generalizzare diverse sottoentità rispetto ad un unico criterio. In questo caso si parla di **generalizzazione**
- ▶ Nella generalizzazione, le sottoentità hanno insiemi di istanze **disgiunti a coppie** (anche se in alcune varianti del modello ER, si può specificare se due sottoentità della stessa entità padre sono disgiunte o no)
- ▶ Una generalizzazione può essere di due tipi:
  - ▶ **Completa** : l'unione delle istanze delle sottoentità è uguale all'insieme delle istanze dell'entità padre
  - ▶ **Non completa**

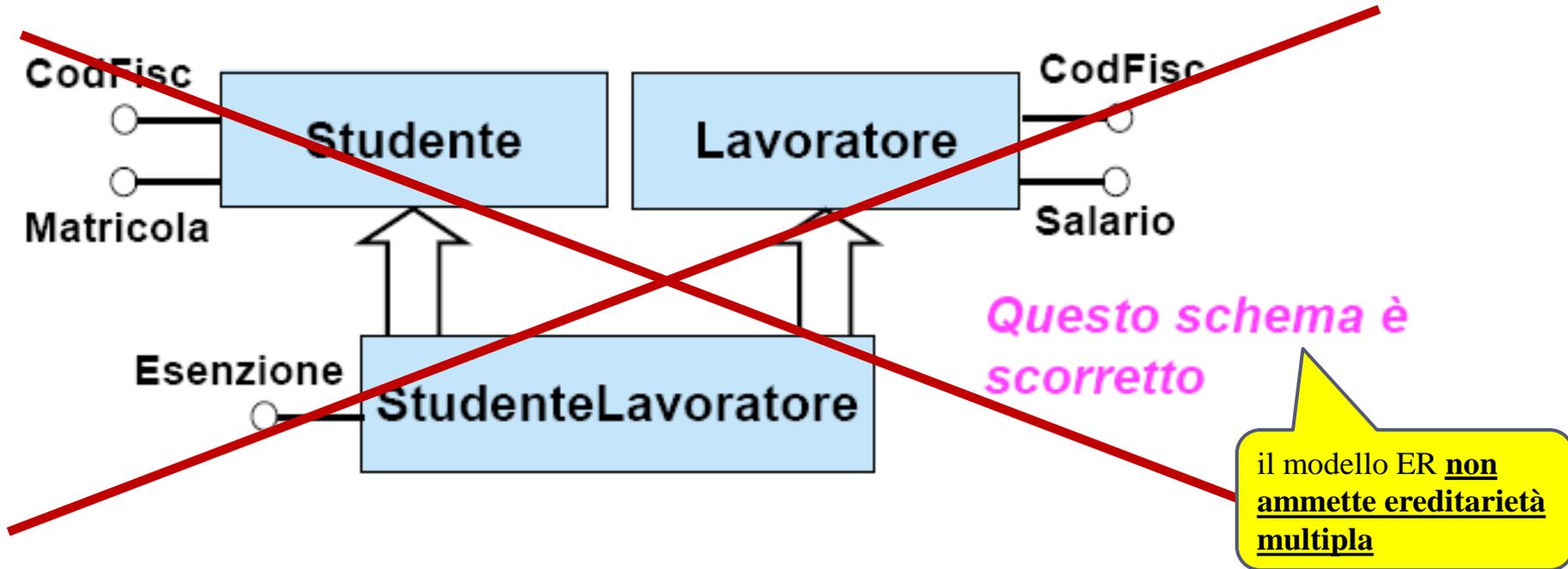
Il principio di ereditarietà vale anche per le generalizzazioni: ogni proprietà dell'entità padre è anche una proprietà della sottoentità, e non si riporta esplicitamente nel diagramma. L'entità figlia può avere ovviamente ulteriori proprietà



# La nozione di generalizzazione tra entità



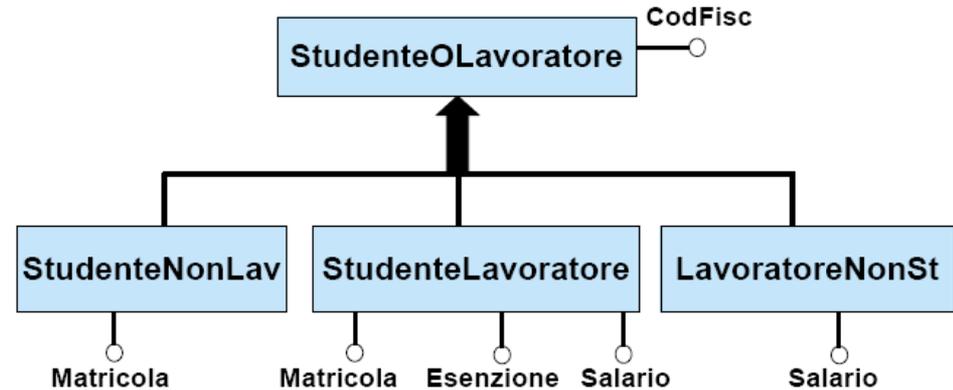
# Esercizio 4 - Generalizzazione



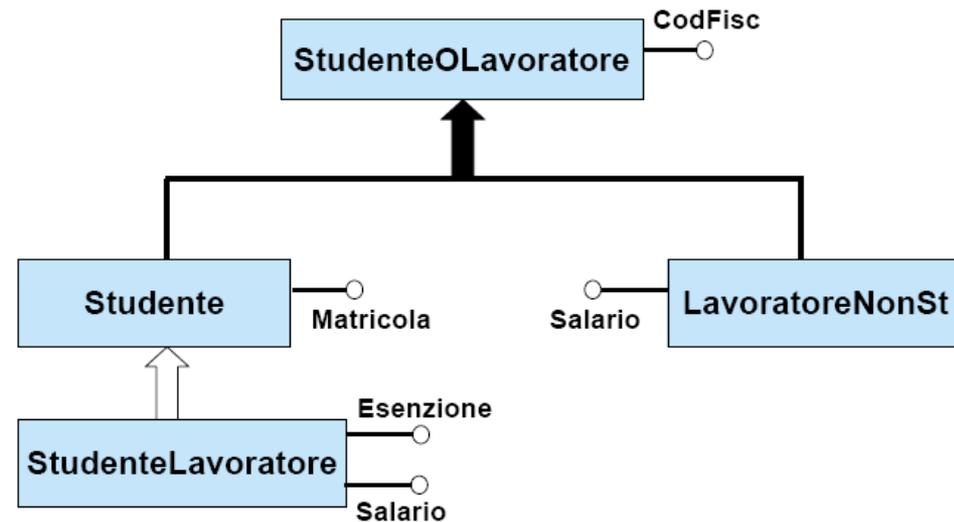
**Si può ristrutturare lo schema in modo che lo schema risultante sia corretto, e colga sostanzialmente la stessa semantica?**

# Esercizio 4 – Soluzione

**Soluzione 1**



**Soluzione 2**



esiste anche una soluzione 3, con **LavoratoreStudente** figlio di **Lavoratore**

# Esercizio 5 - Generalizzazione

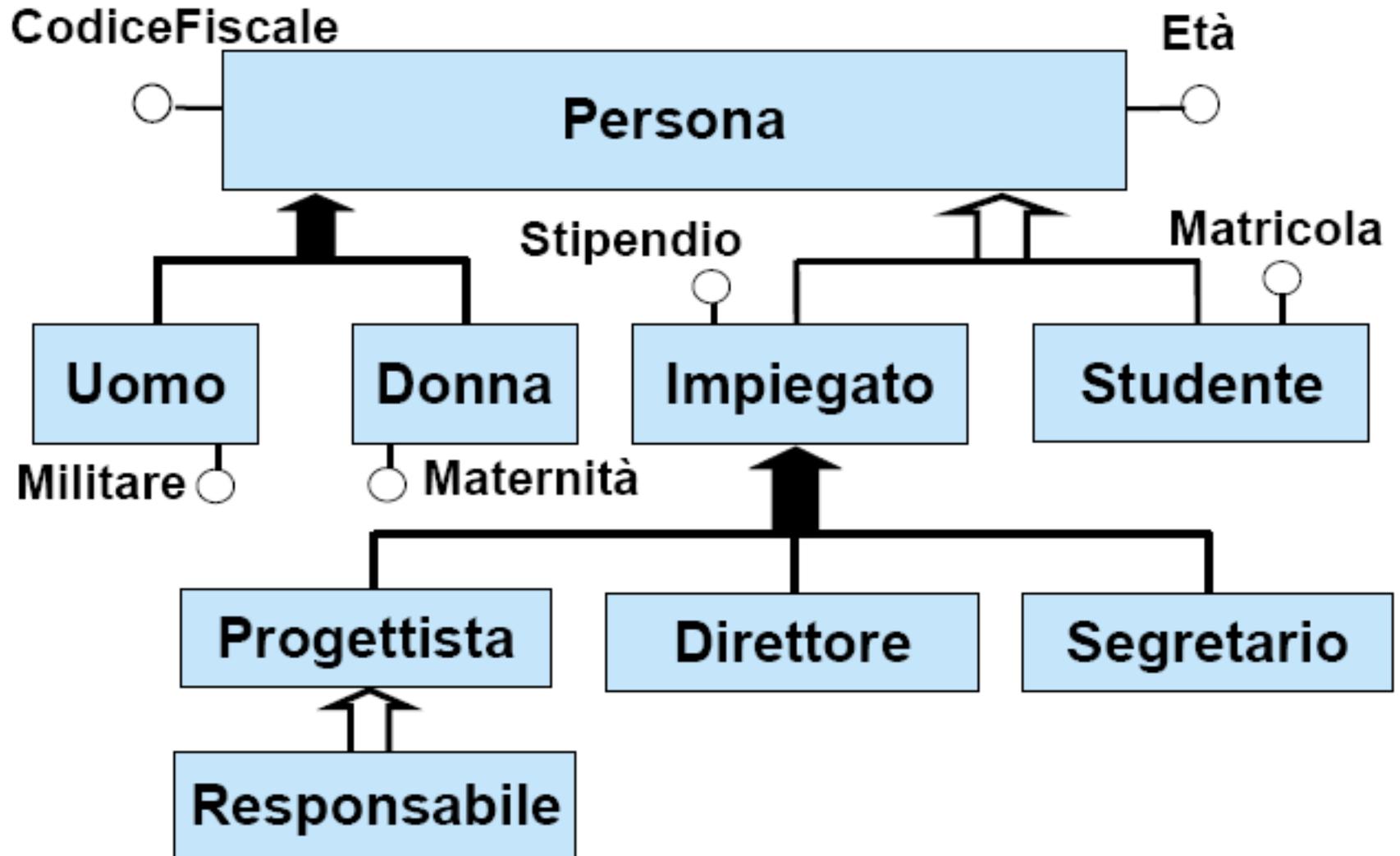
---

Descrivere lo schema concettuale corrispondente alle seguenti specifiche.

Le persone hanno un codice fiscale ed una età.

Gli uomini anche la posizione militare, e le donne anche il numero di maternità. Gli impiegati hanno lo stipendio e possono essere o segretari, o direttori o progettisti. Alcuni progettisti sono responsabili di progetto. Gli studenti (che non possono essere impiegati) hanno un numero di matricola. Esistono persone che non sono né impiegati né studenti.

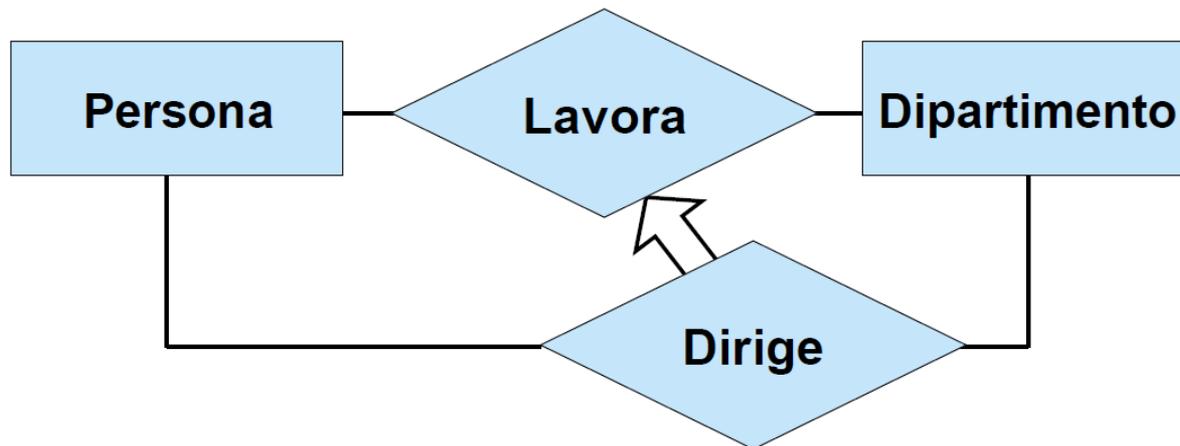
# Esercizio 5 - Soluzione



# Relazione ISA tra relazioni

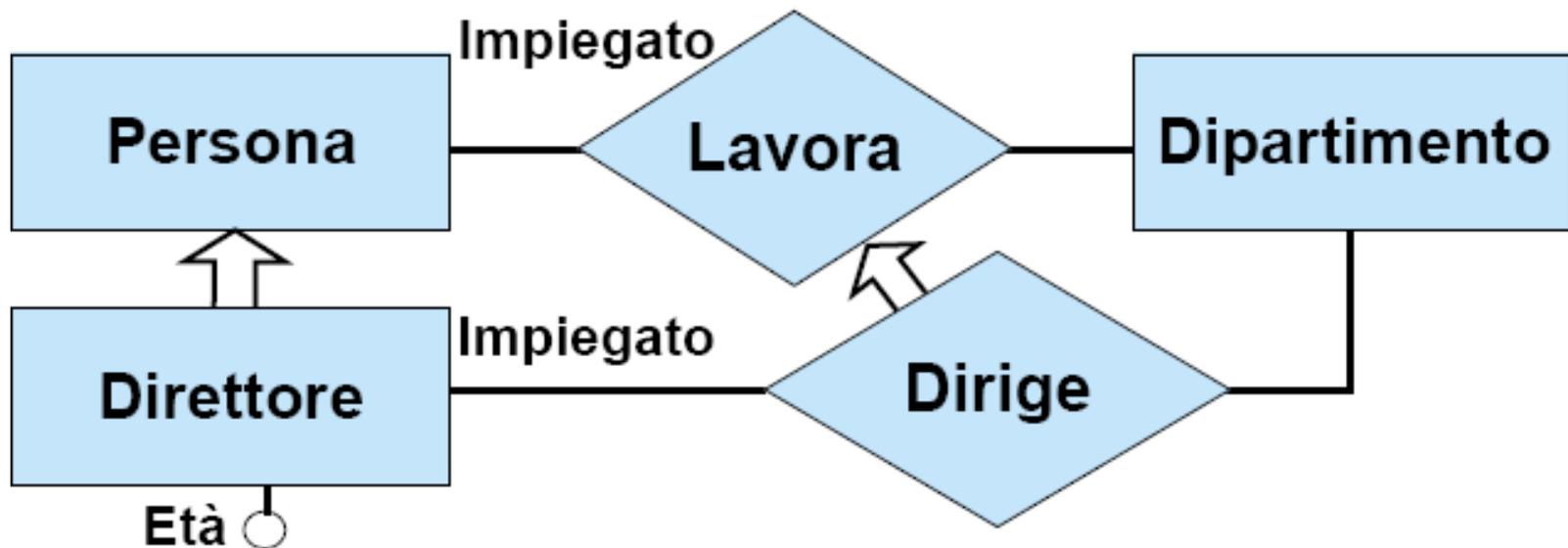
- ▶ La relazione ISA può essere definita anche tra relazioni, ma con la seguente **regola**: si può definire la relazione ISA tra la relazione R (relazione figlia) e la relazione Q (relazione padre) solo se R e Q
  - hanno lo stesso grado (cioè, il numero di entità a cui sono collegate)
  - hanno gli stessi ruoli
  - per ogni ruolo U, l'entità corrispondente ad U in R è una entità figlia dell'entità corrispondente ad U in Q (oppure è la stessa entità per entrambe i ruoli)

**Esempio** : *Il direttore di un dipartimento deve lavorare in quel dipartimento*



# Relazione ISA tra relazioni

- ▶ **Esempio** : *Il direttore di un dipartimento deve lavorare in quel dipartimento, ed ha proprietà aggiuntive (ad esempio l'età) rispetto agli impiegati*

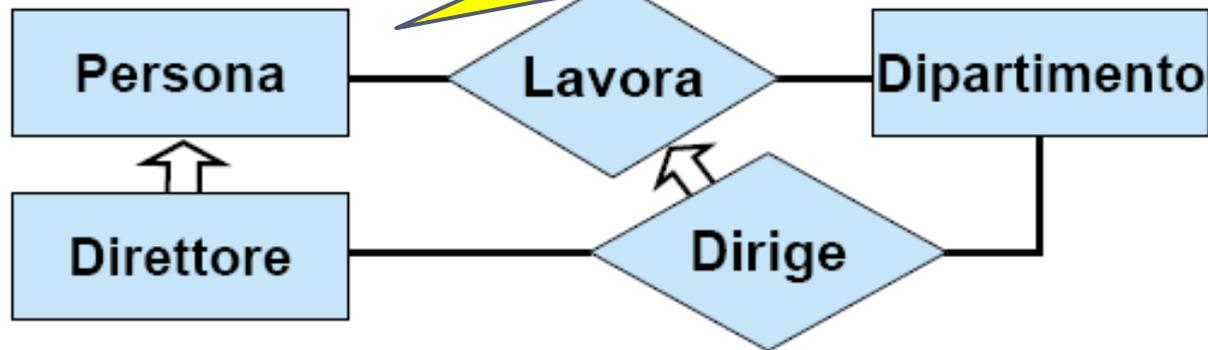


$$\text{istanze}(\text{Dirige}) \subseteq \text{istanze}(\text{Lavora})$$

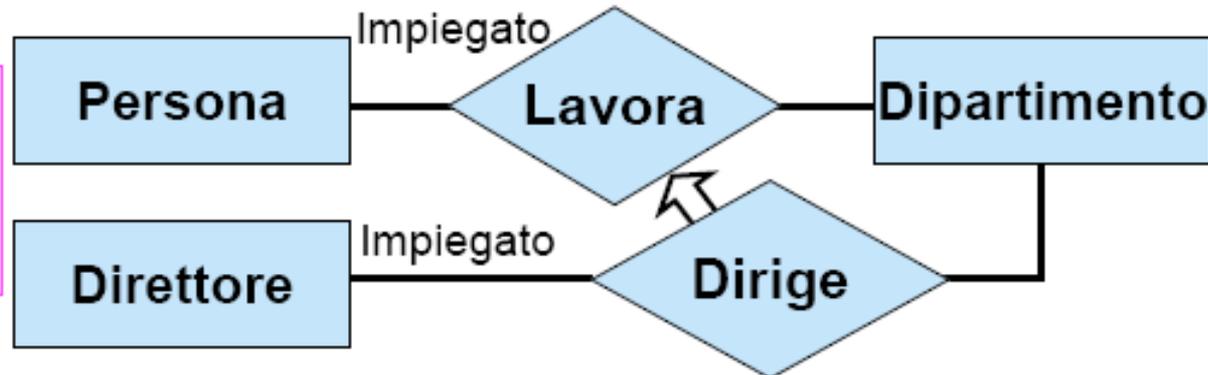
# Esempi di schemi non corretti

Se la specifica del ruolo è assente, si assume che il nome del ruolo coincida con il nome dell'entità *E* che partecipa alla relazione

*Ruoli diversi nelle due relazioni*



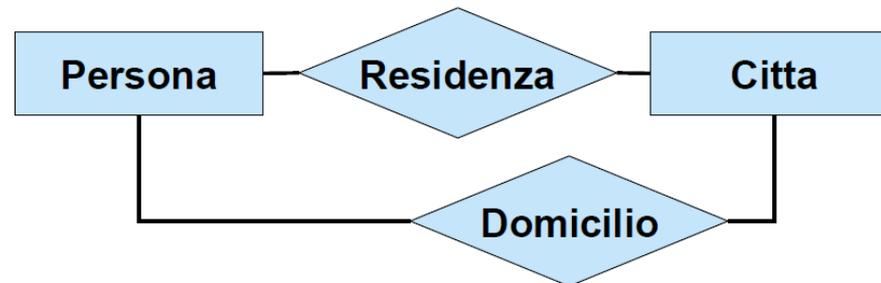
*Ruoli uguali ma entità non in relazione ISA*



# Relazioni disgiunte

- ▶ Si supponga che le relazioni con grado  $k$  e con gli stessi ruoli  $U_1, \dots, U_k$  che non hanno padre siano tutte figlie (in ISA) di una stessa relazione  $TOP(U_1, \dots, U_k)$  (quindi non sono disgiunte)
- ▶ Due relazioni  $P$  ed  $R$  che hanno lo stesso grado e gli stessi ruoli sono disgiunte in uno schema  $S$  se esistono due relazioni  $Q$  e  $T$  (non necessariamente diverse da  $P$  ed  $R$ ) nello schema  $S$  tali che:
  - $Q$  e  $T$  sono figlie della stessa relazione padre in una generalizzazione ( $Q$  e  $T$  sono disgiunte)
  - $Q$  è antenata di  $P$ , e  $T$  è antenata di  $R$
- Da quanto detto segue che, al contrario del caso delle entità, due relazioni (dello stesso grado e con gli stessi ruoli) che non hanno padre nello schema **non sono disgiunte**.

**Esempio** : *Residenza e Domicilio non sono disgiunte*



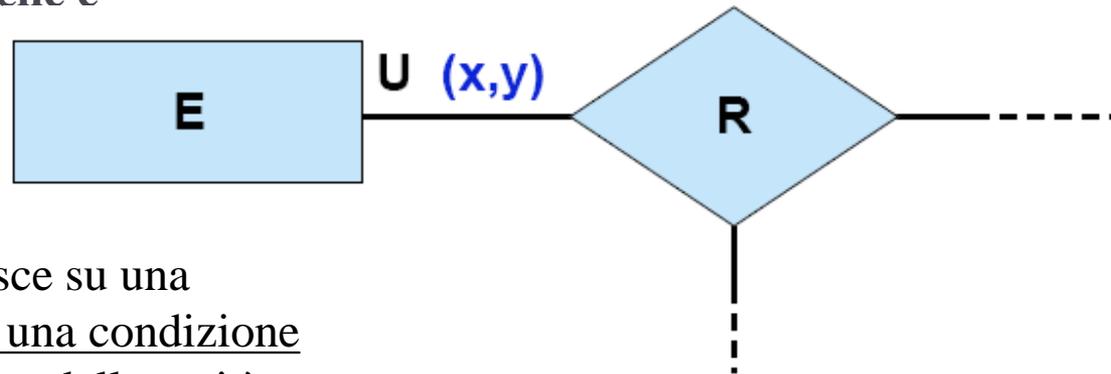
# Vincoli di integrità nel modello ER

---

- ▶ Ricordiamo che un vincolo di integrità è una regola che si esprime sullo schema (livello intensionale), e che specifica una condizione che deve valere per ogni istanza dello schema (livello estensionale).
- ▶ Classificazione dei vincoli di integrità nel modello ER :
  - Vincoli di cardinalità sulle relazioni
  - Vincoli di cardinalità sugli attributi
  - Vincoli di identificazione d'entità
  - Altri vincoli (esterni)

# Vincoli di cardinalità nel modello E-R

- ▶ Un **vincolo di cardinalità** si associa ad un ruolo **U** (corrispondente ad una entità **E**) in una relazione **R**, ed impone un **limite minimo** ed un **limite massimo** di istanze della relazione a cui può partecipare ogni istanza dell'entità **E** nel ruolo **U**
- ▶ Un vincolo di cardinalità si esprime mediante **una coppia (x,y) associata al ruolo U della relazione R, dove:**
  - **x** è la **cardinalità minima**, cioè un intero  $\geq 0$
  - **y** è la **cardinalità massima**, che è
    - “n”, oppure
    - un **intero positivo**  $\geq x$



## Attenzione:

il vincolo di cardinalità si definisce su una relazione, ma in realtà stabilisce una condizione che deve valere per tutte le istanze della entità a cui è associato il vincolo stesso (tramite il ruolo)

# Esempio di vincolo di cardinalità

- ▶ Ad ogni impiegato sono assegnati da 1 a 5 incarichi.
- ▶ Ogni incarico è assegnato ad al più 50 impiegati.



## Istanza I:

*istanze(I, Impiegato) = { a, b, c }*

*istanze(I, Incarico) = { x, y, v, w, z }*

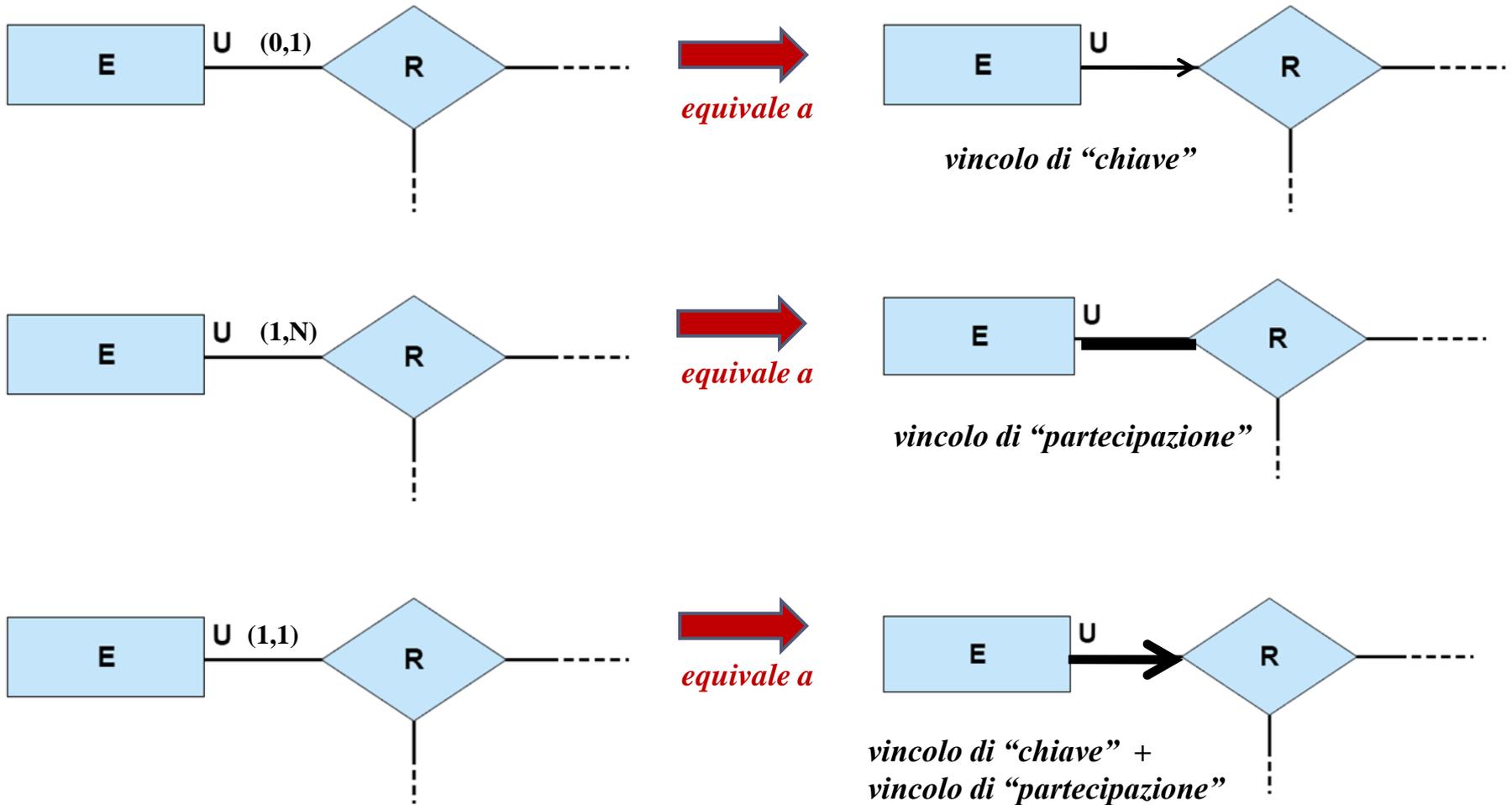
*istanze(I, Assegnazione) = { (a, w), (b, v), (b, w), (c, y), (c, w), (c, z) }*

# Cardinalità maggiormente utilizzate

---

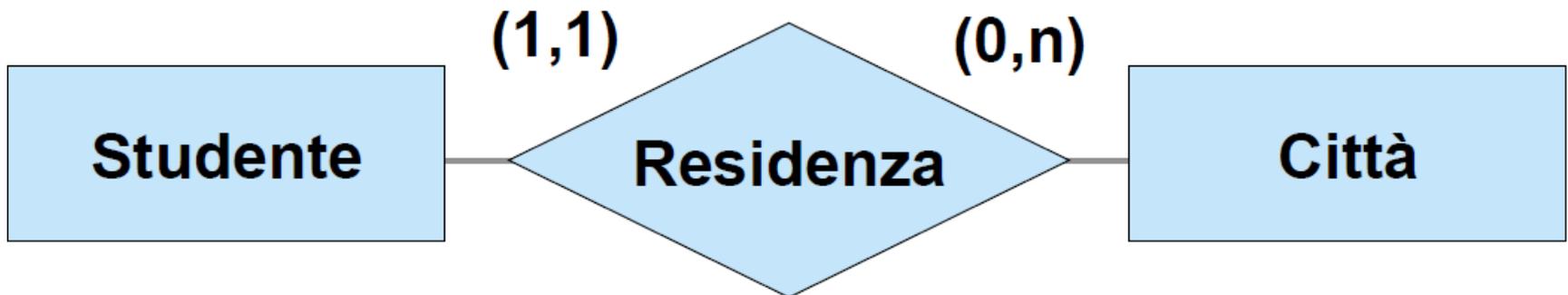
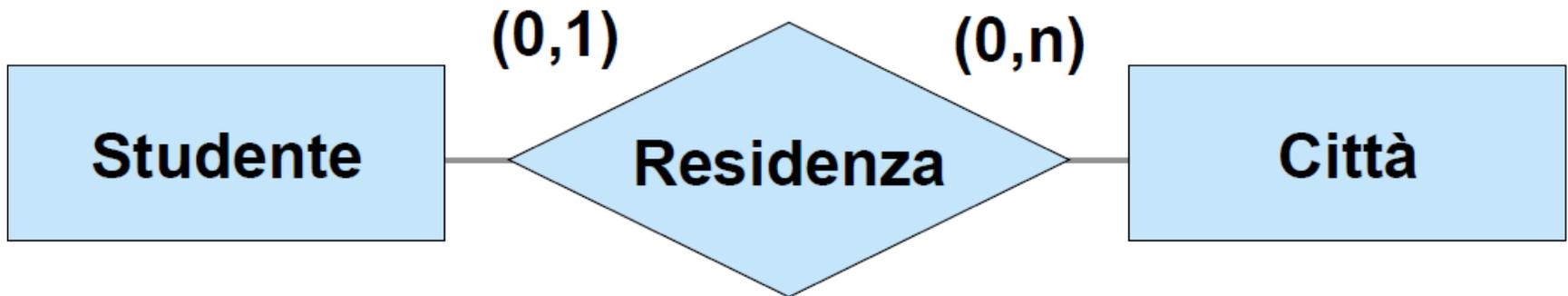
- ▶ Le cardinalità di interesse sono tipicamente tre: 0, 1, n.
- ▶ Per la cardinalità minima:
  - 0 significa “partecipazione opzionale”.
  - 1 significa “partecipazione obbligatoria”.
- ▶ Per la cardinalità massima:
  - 1 significa: “l’entità partecipa al più una volta sola alla relazione”.
  - n significa: “l’entità partecipa un numero qualsiasi di volte alla relazione”.
- ▶ **La mancanza del vincolo di cardinalità è equivalente alla coppia (0,n).**

# Equivalenze con Ramakrishnan



# Esempi di vincolo di cardinalità

---

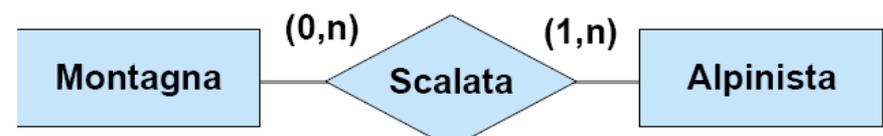


# Vincoli di cardinalità nel modello E-R

**Relazioni binarie “uno a uno”**



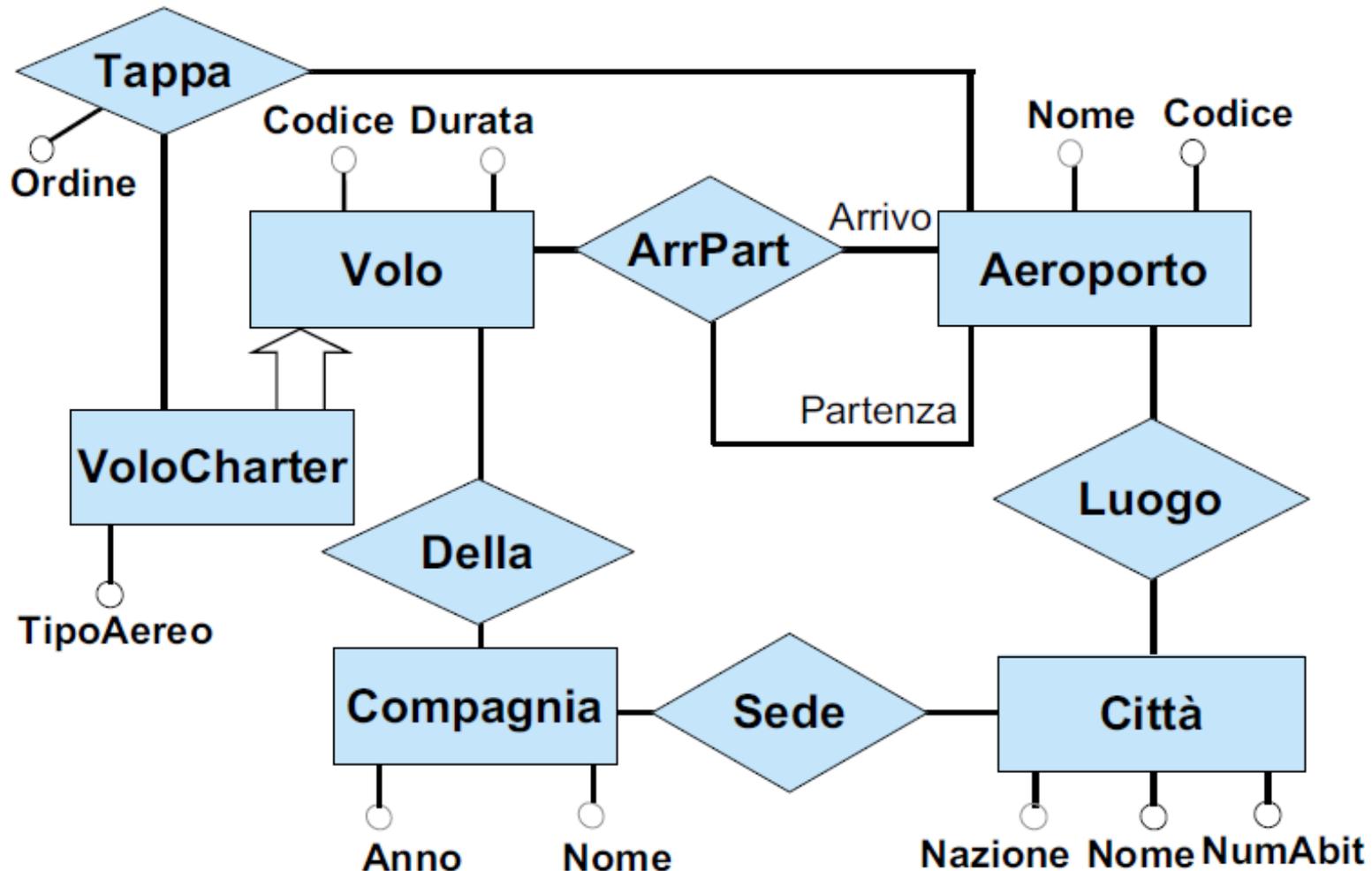
**Relazioni binarie “uno a molti”**



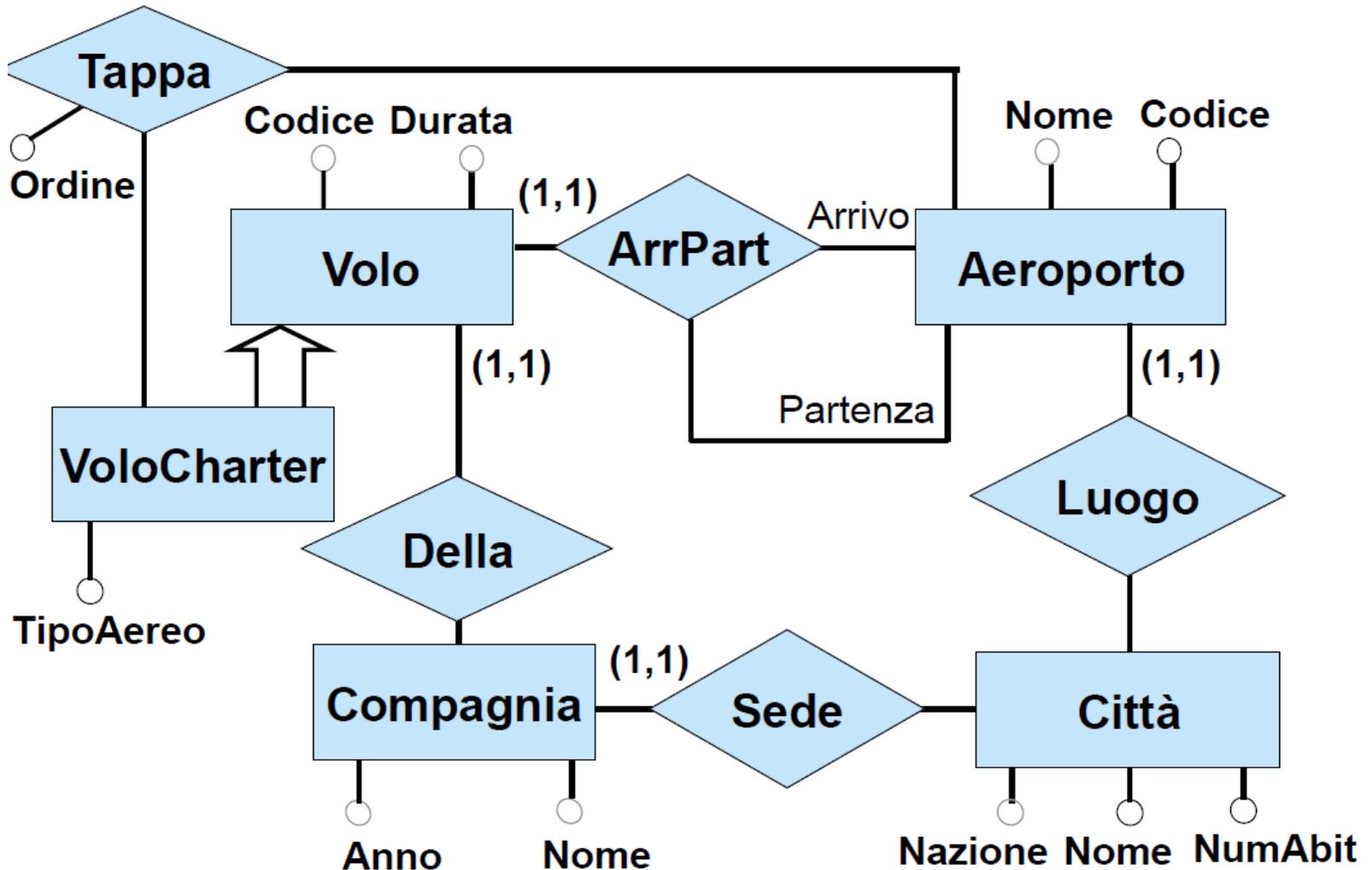
**Relazioni binarie “molti a molti”**



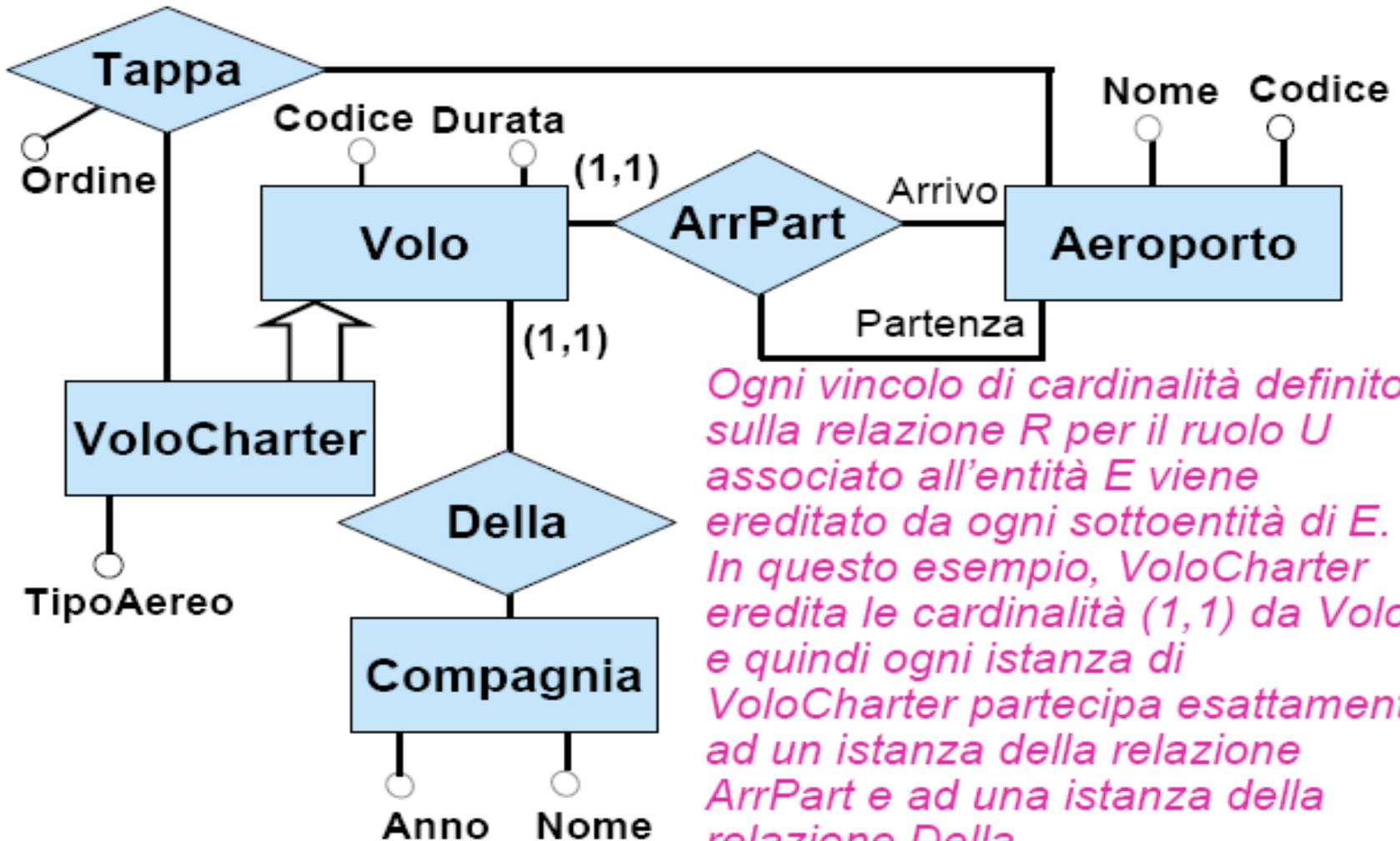
# Esercizio 6 – Aggiungere le cardinalità



# Soluzione Esercizio 6



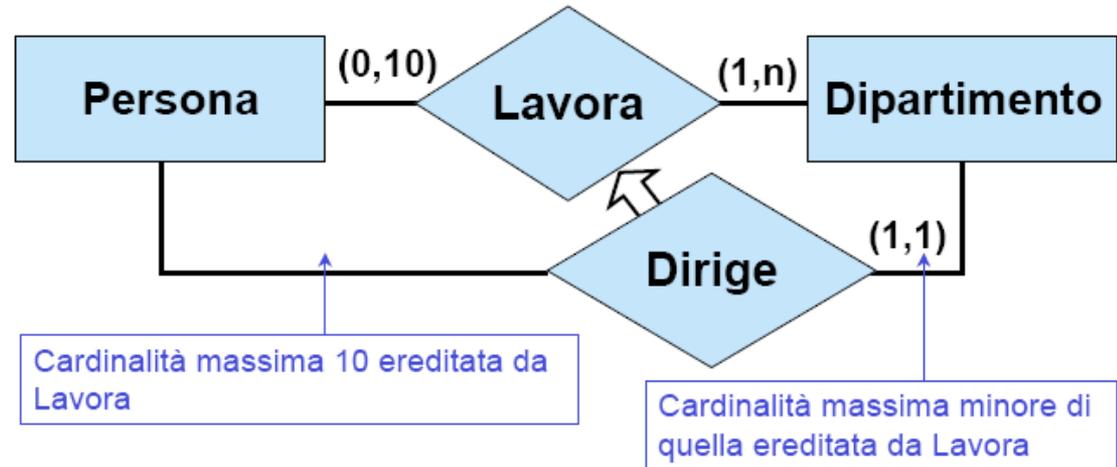
# Alcune considerazioni



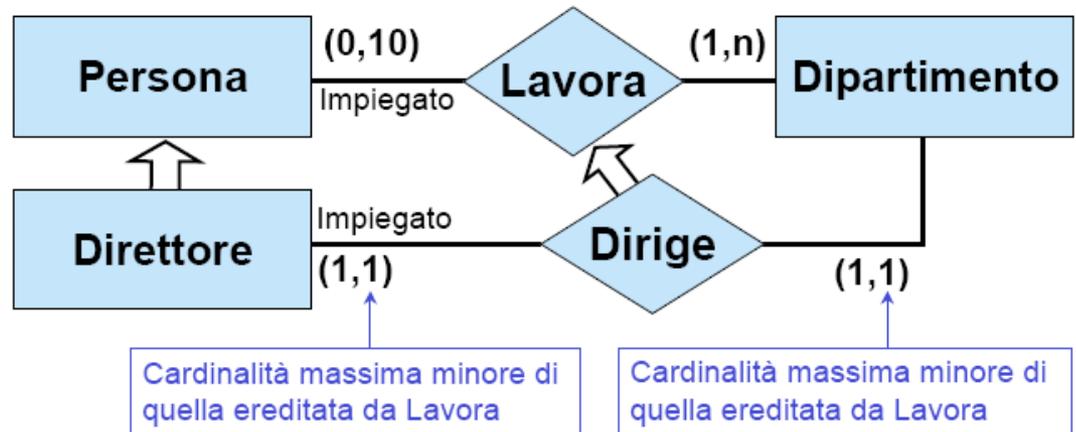
*Ogni vincolo di cardinalità definito sulla relazione R per il ruolo U associato all'entità E viene ereditato da ogni sottoentità di E. In questo esempio, VoLoCharter eredita le cardinalità (1,1) da Volo, e quindi ogni istanza di VoLoCharter partecipa esattamente ad un'istanza della relazione ArrPart e ad un'istanza della relazione Della*

# Vincoli di cardinalità ed ereditarietà su relazioni

Se  $Q$  ISA  $R$ , ogni vincolo di cardinalità massima definito sulla relazione  $R$  (per il ruolo  $U$ ) viene ereditato dalla relazione  $Q$  (per lo stesso ruolo  $U$ ), che può però avere cardinalità massima più stringente di quella ereditata, ovvero **cardinalità massima minore**



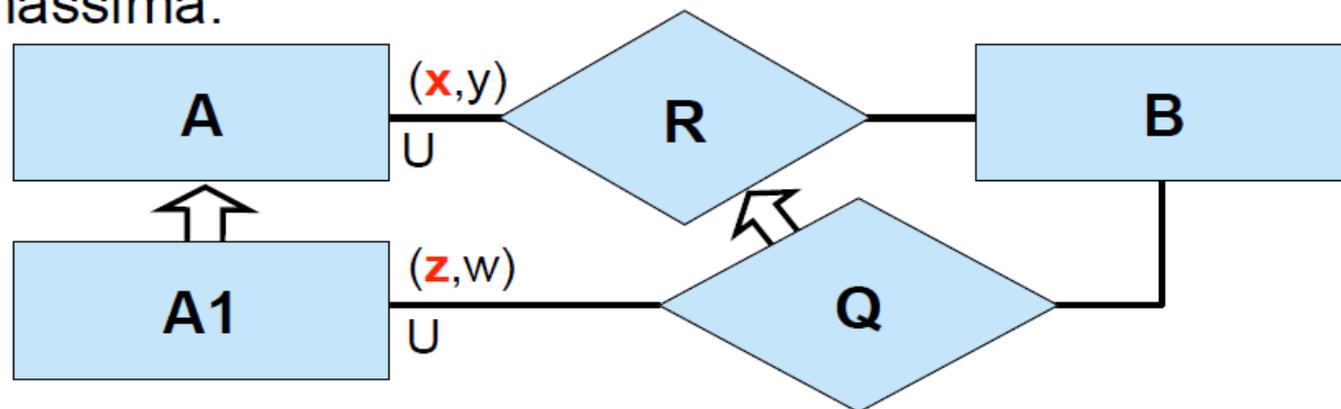
La regola sulla ereditarietà della cardinalità massima vale anche se l'entità corrispondente al ruolo  $U$  nella relazione figlia è diversa dalla (cioè è una sottoentità della) entità corrispondente al ruolo  $U$  nella relazione padre



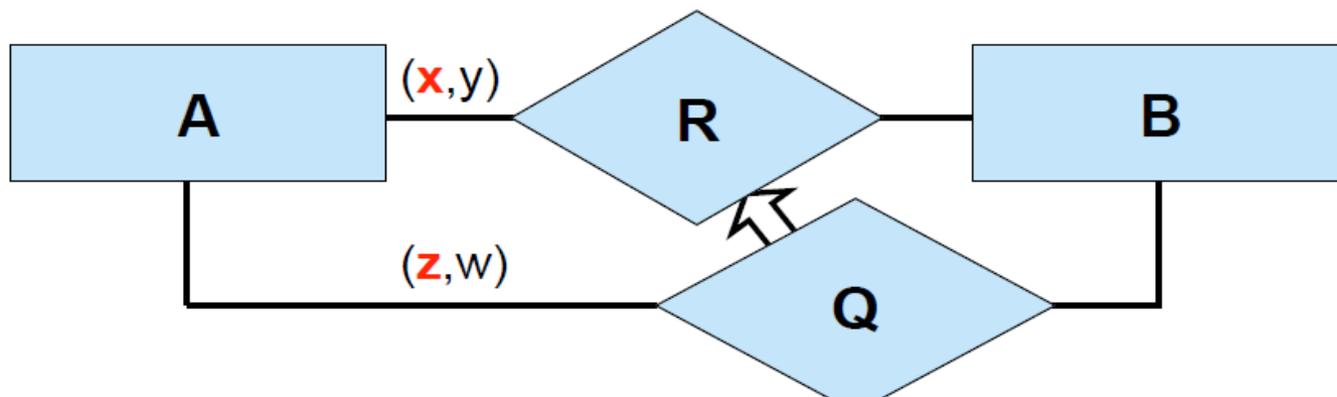
# Vincoli di cardinalità ed ereditarietà su relazioni

Se  $Q$  ISA  $R$ , il rapporto tra i vincoli di cardinalità **minima** su  $Q$  ed  $R$  sono più complessi rispetto al caso dei vincoli di cardinalità massima.

*x e z sono totalmente scorrelati*



*Se x è minore di z, si può sostituire x con z ed ottenere uno schema equivalente più accurato*

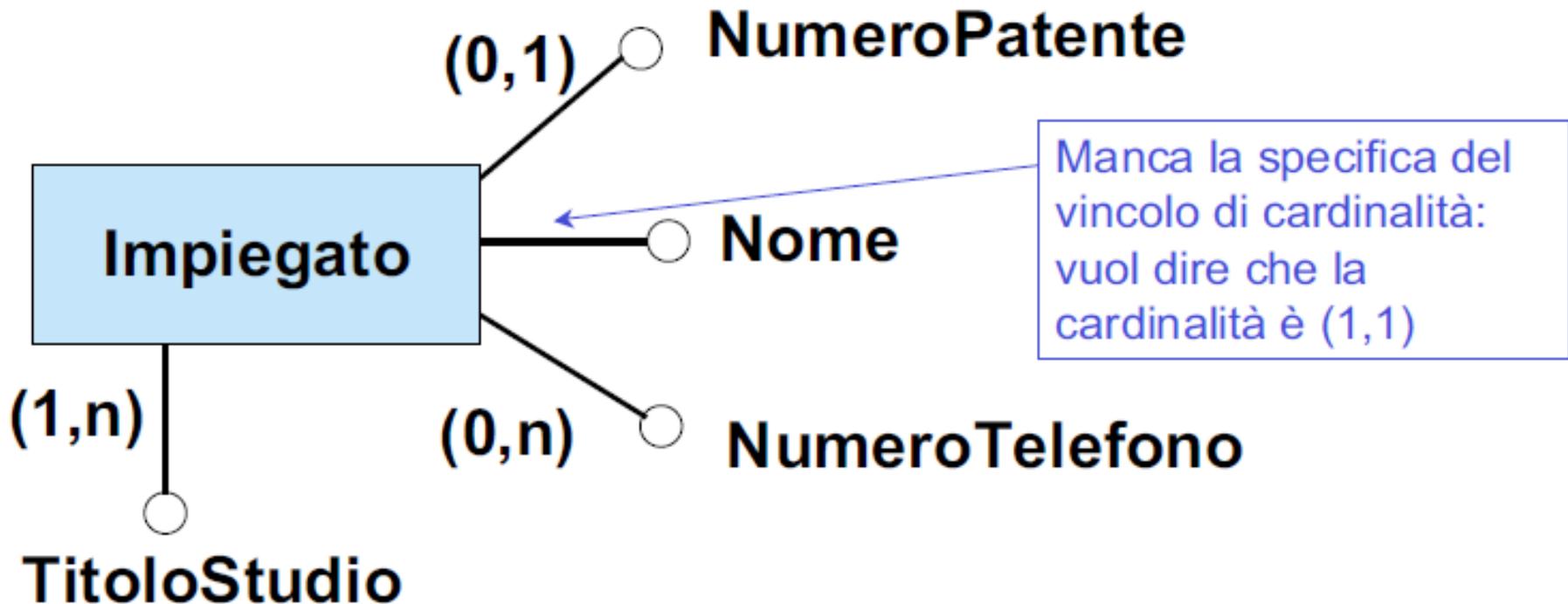


# Vincoli di cardinalità su attributi

---

- ▶ È possibile definire vincoli di cardinalità anche sugli attributi, con due scopi:
  - ▶ indicare **opzionalità**
  - ▶ indicare attributi **multivalore**
- ▶ La semantica di un attributo con cardinalità **diverso da**  $(1,1)$  è diversa dal caso di cardinalità  $(1,1)$  :
  - ▶ Quando la cardinalità massima di un attributo non è 1, l'attributo si dice **multivalore**, e **non rappresenta più una funzione** *ma una relazione*; le cardinalità stabiliscono il numero minimo e massimo di valori che l'attributo associa ad ogni istanza dell'entità
  - ▶ Quando la cardinalità minima di un attributo è 0, **la relazione** (o la funzione, se la cardinalità massima è uguale a 1) rappresentata dall'attributo **non è più totale**
- ▶ **Se la specifica del vincolo manca, si intende che la cardinalità sull'attributo sia  $(1,1)$ , e la semantica è quella usuale**

# Vincoli di cardinalità su attributi - esempio



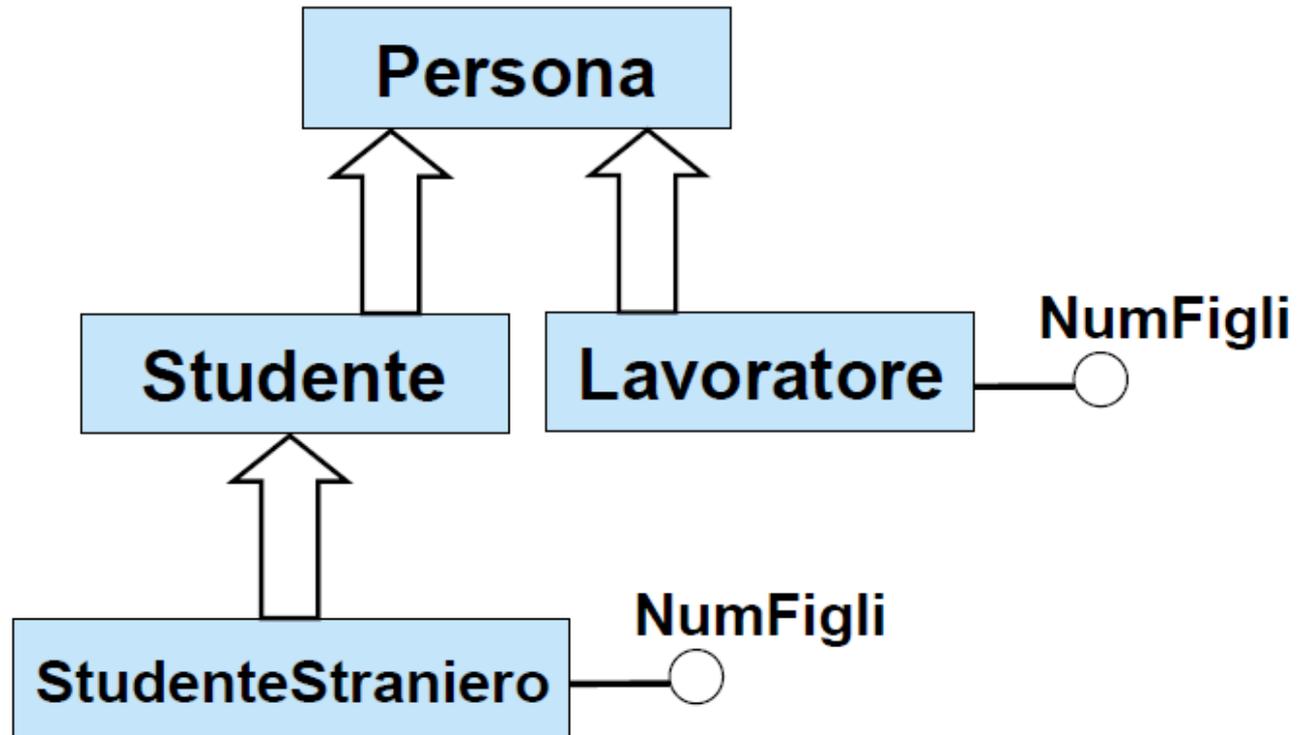
# Osservazione sulla semantica degli attributi

---

- ▶ **Occorre porre attenzione ai nomi assegnati agli attributi:** quando si assegna lo stesso nome a due attributi di entità diverse, si deve ricordare che questi, a livello estensionale, rappresenteranno un'unica relazione (o funzione).
- ▶ Questa osservazione vale anche per uno stesso attributo definito su relazioni diverse.

# Esempio di attributi con lo stesso nome definiti su più entità non disgiunte

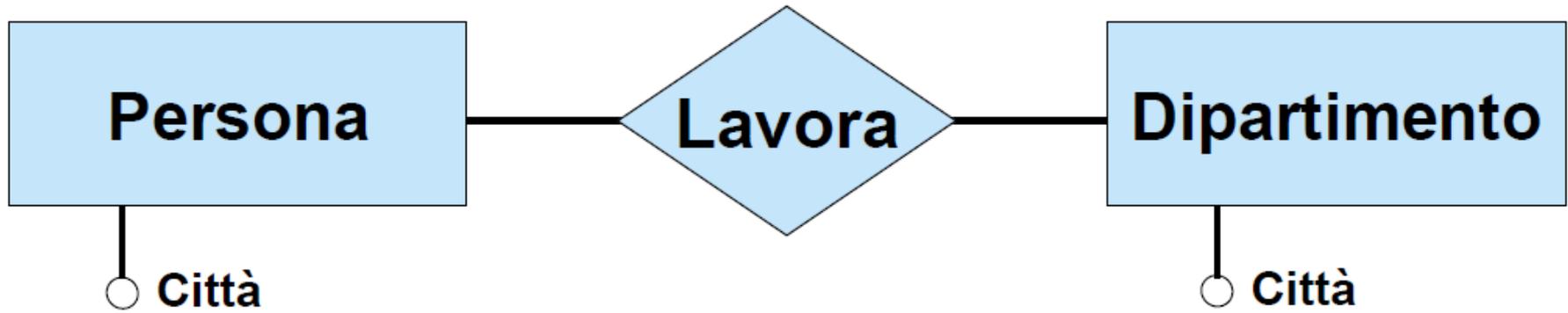
---



L'attributo **NumFigli** nelle due entità **Lavoratore** e **StudenteStraniero** rappresenta in realtà la stessa funzione. Ne segue che, **se uno stesso oggetto è istanza sia di **Lavoratore** sia di **StudenteStraniero**, esso ha un unico valore per l'attributo **NumFigli**.**

# Esempio di attributi con lo stesso nome definiti su più entità disgiunte

---



La condizione descritta in precedenza impone che l'attributo **Città** nelle due entità **Persona** e **Dipartimento** **rappresenti in realtà la stessa funzione**. Tuttavia, **Persona** e **Dipartimento** sono entità disgiunte, e quindi **è possibile considerare la funzione come l'unione disgiunta di due funzioni distinte**, una definita sulle istanze di **Persona** ed una definita sulle istanze di **Dipartimento**.

# Vincoli di identificazione di entità

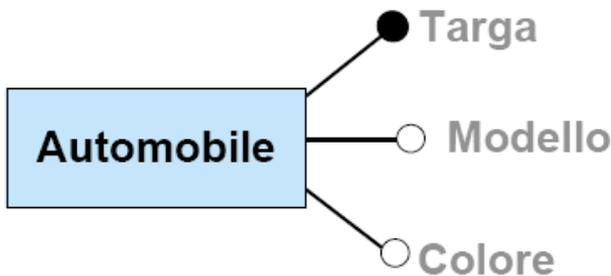
---

- ▶ Un identificatore di una entità è un **insieme di proprietà** (attributi o relazioni) che **permettono di identificare univocamente le istanze di un'entità**. In altre parole non esistono due istanze di una data entità che assumono lo stesso valore per tutte le proprietà che formano l'identificatore.
- ▶ Un identificatore di una entità E può essere
  - **Interno**, ossia formato solo da attributi di E
  - **Esterno**, ossia formato da attributi di E e da ruoli di relazioni che coinvolgono E, oppure solo da ruoli di relazioni che coinvolgono Econ la regola che tutti gli attributi e tutti i ruoli di relazione che concorrono ad un identificatore di entità devono avere cardinalità (1,1)
- ▶ Su ogni entità si può definire un numero qualunque di vincoli di identificazione (tipicamente almeno uno)

# Vincoli di identificazione di entità

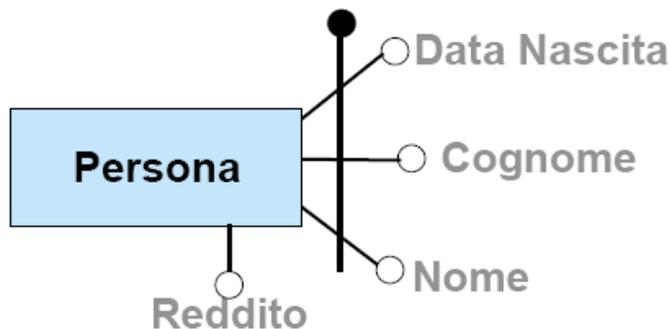
## ► Notazione per gli **identificatori interni**:

- Se l'identificatore è formato da un solo attributo, si annerisce il corrispondente pallino.



**Un identificatore Interno** consente di **identificare** un'istanza di entità rispetto ad altre istanze della stessa entità. In questo caso, stiamo affermando che non possono esistere due distinte istanze di automobile con lo stesso valore per l'attributo targa.

- Se l'identificatore è formato da più attributi, si uniscono gli attributi con una linea che termina con pallino annerito.

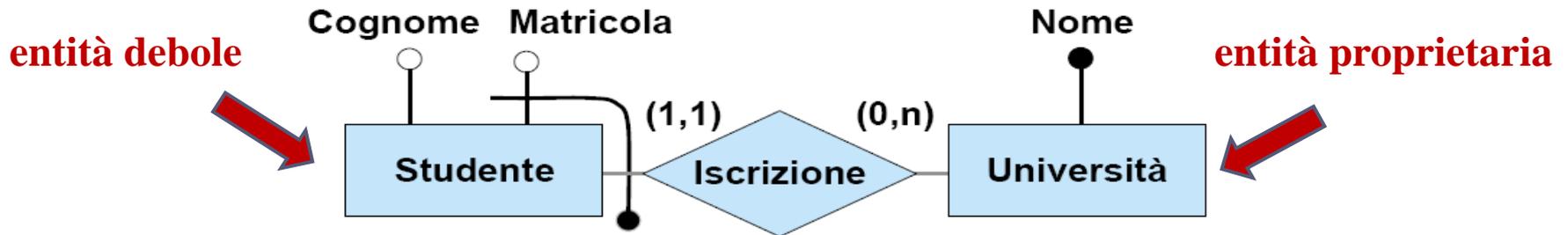


**Ad esempio**, tutte le istanze dell'entità **Persona** differiranno l'una dall'altra almeno per un valore della tripla  $\langle DataNascita, Cognome, Nome \rangle$  (facendo un paragone con il modello relazionale, è come se questi 3 valori formassero la **chiave primaria** della tabella Persona).

# Entità Deboli ed Identificatori esterni

Notazione per gli **identificatori esterni**:

Se l'identificatore è formato da attributi e relazioni (o meglio ruoli), si indica unendo gli attributi ed i ruoli con una linea che termina con pallino annerito

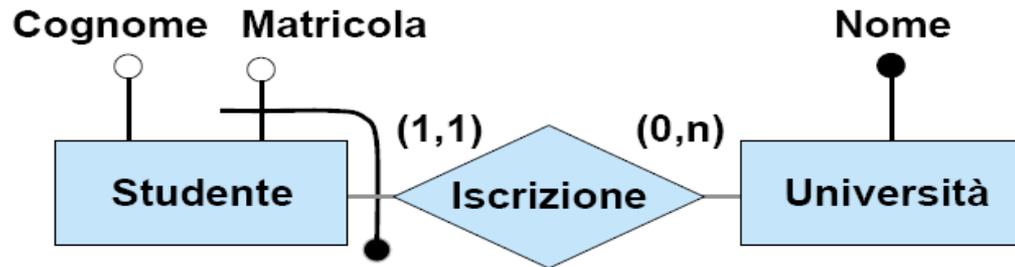


Un'entità che ha un identificatore esterno viene detta **entità debole**.

Una **entità debole** può essere identificata univocamente solo considerando la chiave primaria di un'altra entità (proprietario)

- L'insieme di entità proprietarie e l'insieme di entità deboli devono partecipare in un insieme di relazioni uno-a-molti (1 proprietario, molte entità deboli)

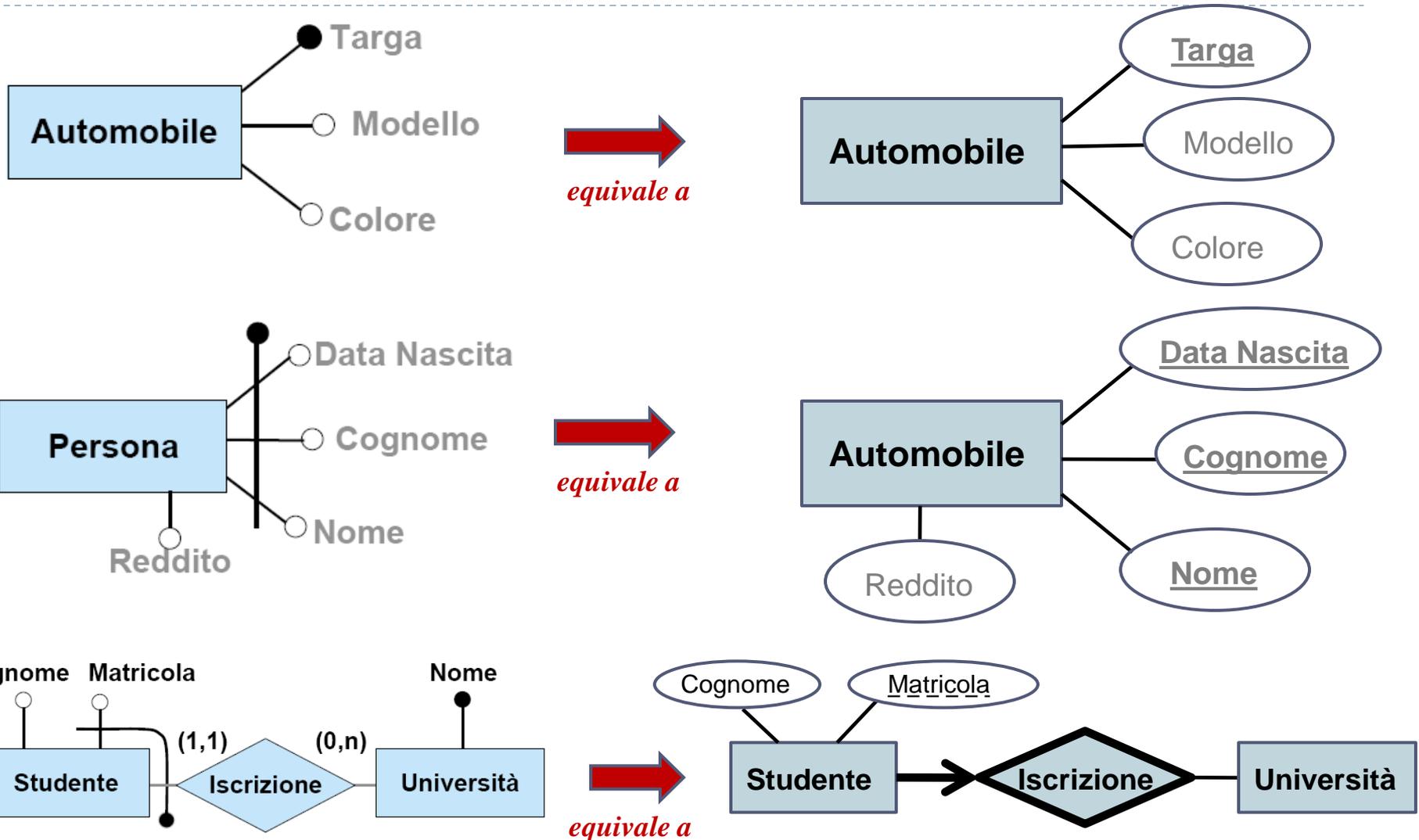
# Entità Deboli ed Identificatori esterni



Nell'*esempio*, si sta dichiarando che un'istanza dell'entità **Studente** viene identificata non solo dalla *Matricola* (detta anche *chiave parziale* dell'entità debole), ma anche dall'**Università** a cui lo studente è iscritto. Ciò significa che **all'interno di una stessa università** (identificata dall'attributo nome) **ogni studente deve avere numero di Matricola differente dagli altri studenti iscritti alla stessa università.**

Inoltre, **due università differenti possono avere studenti con lo stesso numero di Matricola**

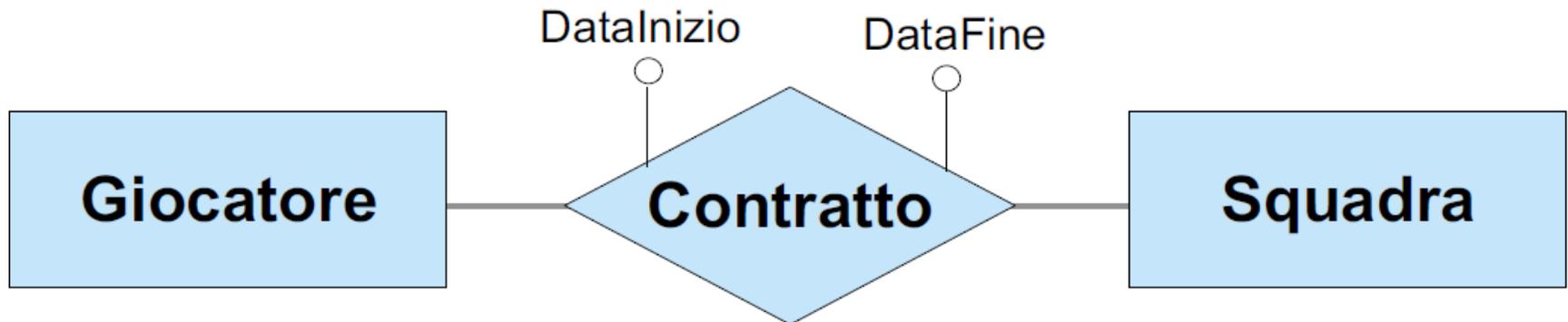
# Equivalenze con Ramakrishnan



# *E' corretto questo schema?*

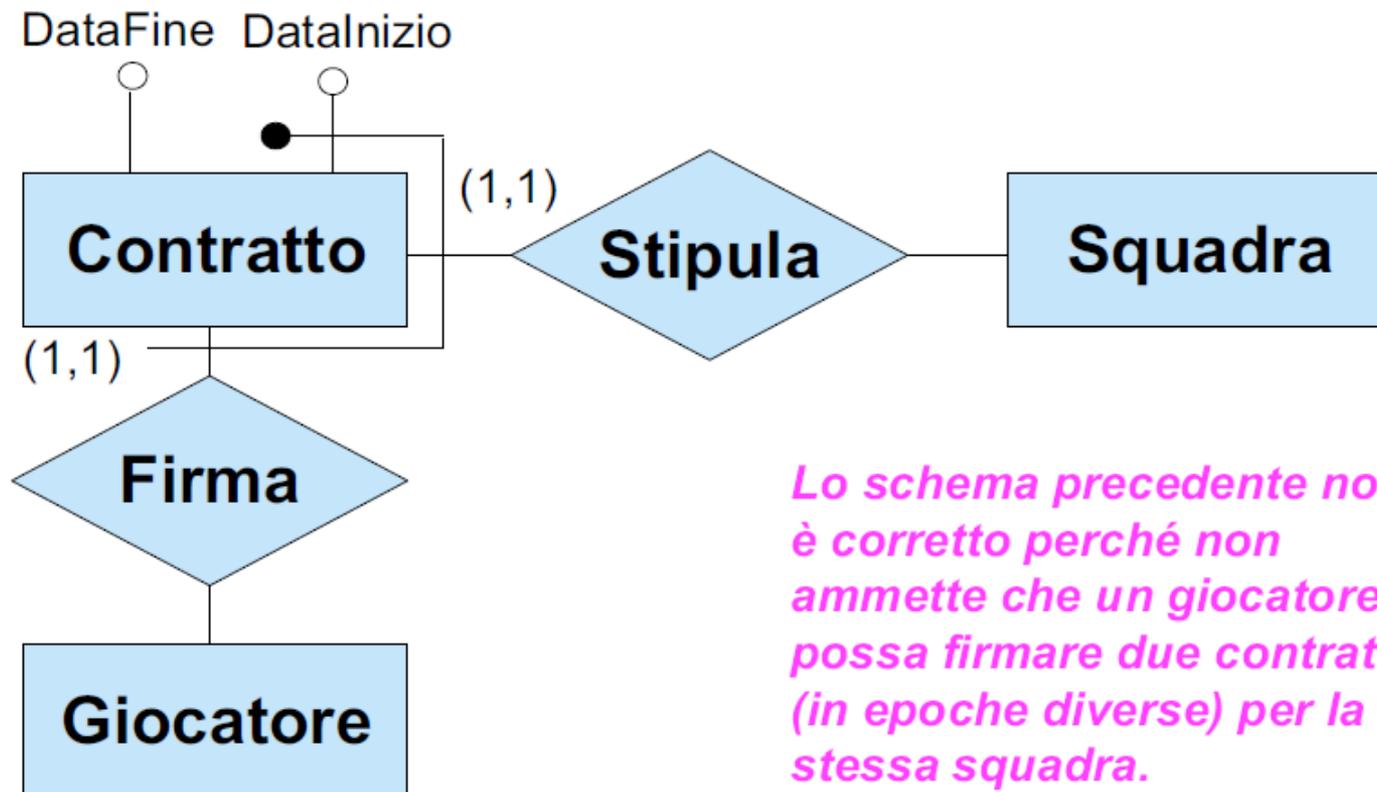
---

Si vogliono rappresentare le squadre in cui un giocatore milita attualmente, ed ha militato nel passato, con data inizio e data fine del contratto



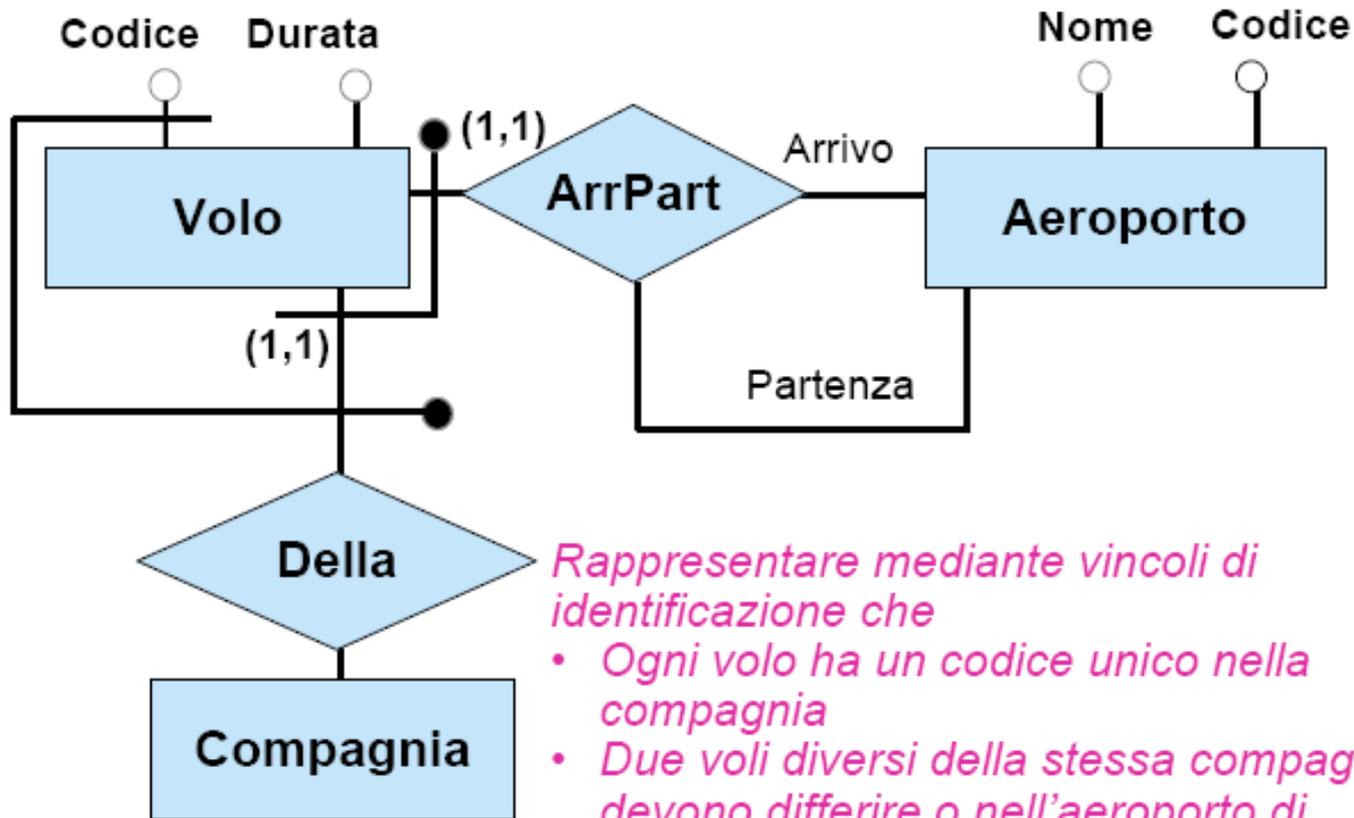
# *E' corretto questo schema?*

Si vogliono rappresentare le squadre in cui un giocatore milita attualmente, ed ha militato nel passato, con data inizio e data fine del contratto.



*Lo schema precedente non è corretto perché non ammette che un giocatore possa firmare due contratti (in epoche diverse) per la stessa squadra.*

# Identificatori Esterni



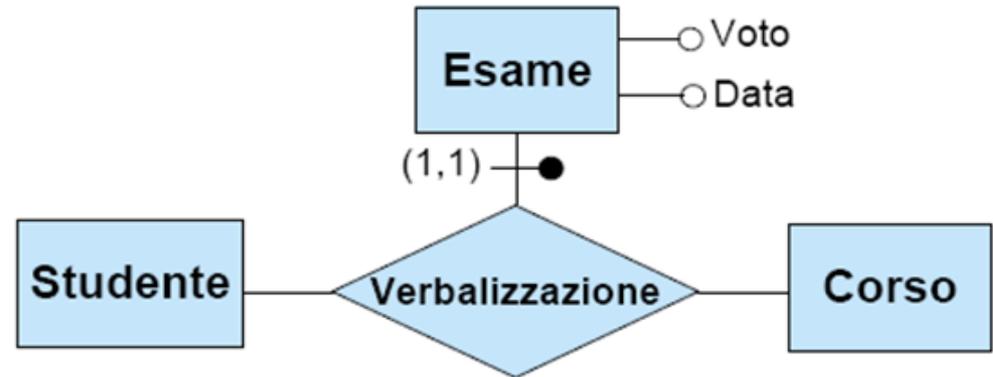
*Rappresentare mediante vincoli di identificazione che*

- *Ogni volo ha un codice unico nella compagnia*
- *Due voli diversi della stessa compagnia devono differire o nell'aeroporto di arrivo o nell'aeroporto di partenza*

# Identificatori Esterni

**Non esistono due esami diversi che riguardano la stessa coppia di studente e corso.**

L'esempio mostra che un identificatore esterno può anche non comprendere attributi, e può coinvolgere una sola relazione attraverso un unico ruolo



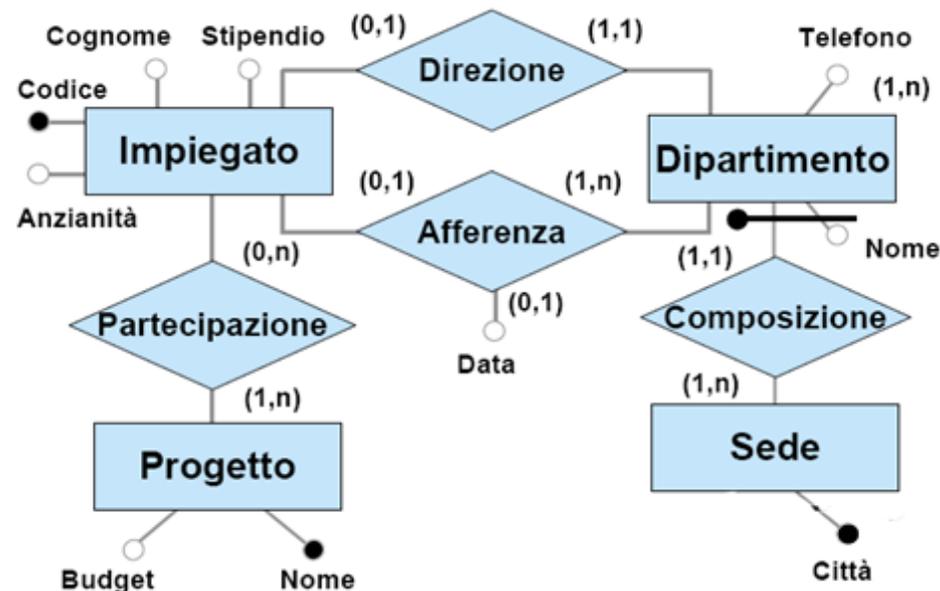
**ATTENZIONE** → Una entità che partecipa con ruolo U e con cardinalità (1,1) ad una relazione R nella quale almeno uno degli altri ruoli hanno cardinalità massima 1, è implicitamente identificata esternamente da R tramite U (l'identificatore esterno può essere esplicitamente indicato, ma non è necessario).



Infatti, se in una istanza dello schema non valesse il vincolo di identificazione esterno, allora esisterebbero due istanze di E connesse con una stessa istanza f di F tramite R, e questo violerebbe il vincolo di cardinalità massima di F in R

# Vincoli esterni al diagramma

- ▶ Gli schemi ER permettono di cogliere la maggior parte delle inter-relazioni tra i dati del dominio d'interesse
- ▶ Tuttavia alcune inter-relazioni non possono essere colte direttamente da uno schema ER. Tali inter-relazioni vanno in ogni caso tenute presenti attraverso delle asserzioni aggiuntive dette **vincoli esterni** al diagramma
- ▶ *Come rappresentiamo tali vincoli?*
  - ▶ **Attraverso formalismi opportuni** (es, in logica matematica)
  - ▶ **Attraverso delle asserzioni in linguaggio naturale** (che devono essere il più possibile precise e non ambigue)



➔  
*possibili  
vincoli  
esterni*

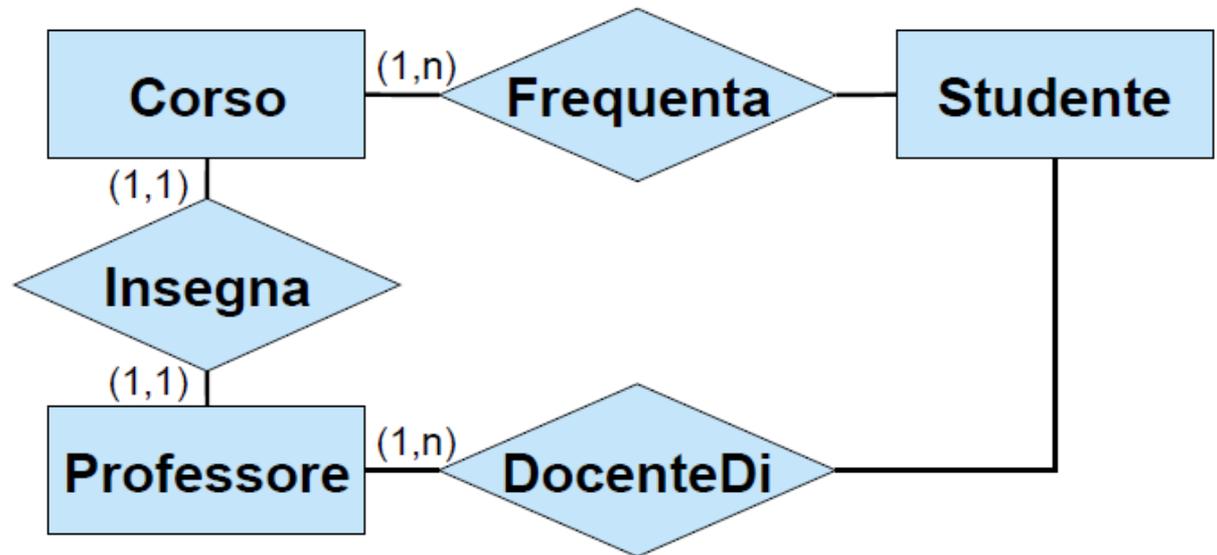
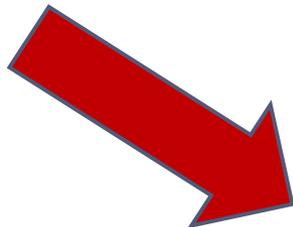
Vincoli di integrità esterni
(1) Il direttore di un dipartimento deve afferire a tale dipartimento da almeno 5 anni
(2) Un impiegato non deve avere uno stipendio maggiore del direttore del dipartimento al quale afferisce
(3) Un dipartimento con sede a Roma deve essere diretto da un impiegato con più di dieci anni di anzianità
(4) Un impiegato non può partecipare ad un numero di progetti maggiore di due volte il numero di dipartimenti ai quali afferisce

# Vincoli esterni al diagramma

## ▶ **ATTENZIONE alle ridondanze estensionali**

- ▶ *nelle istanze dello schema la stessa proprietà estensionale è rappresentata più volte, implicitamente o esplicitamente*
- ▶ *Se lo schema contiene ridondanze estensionale, occorre documentarle: se una ridondanza è rilevante a livello concettuale, occorre comunque esplicitarla, in genere mediante opportuni vincoli esterni*

*Se una relazione si ottiene da altre relazioni (per esempio, da cammini di relazioni)...*



**Vincolo esterno:** per ogni istanza  $p$  di Professore, seguendo la relazione Insegna e poi la relazione Frequenta, si ottiene un'istanza di Studente che si ottiene anche seguendo la relazione DocenteDi da  $p$ .

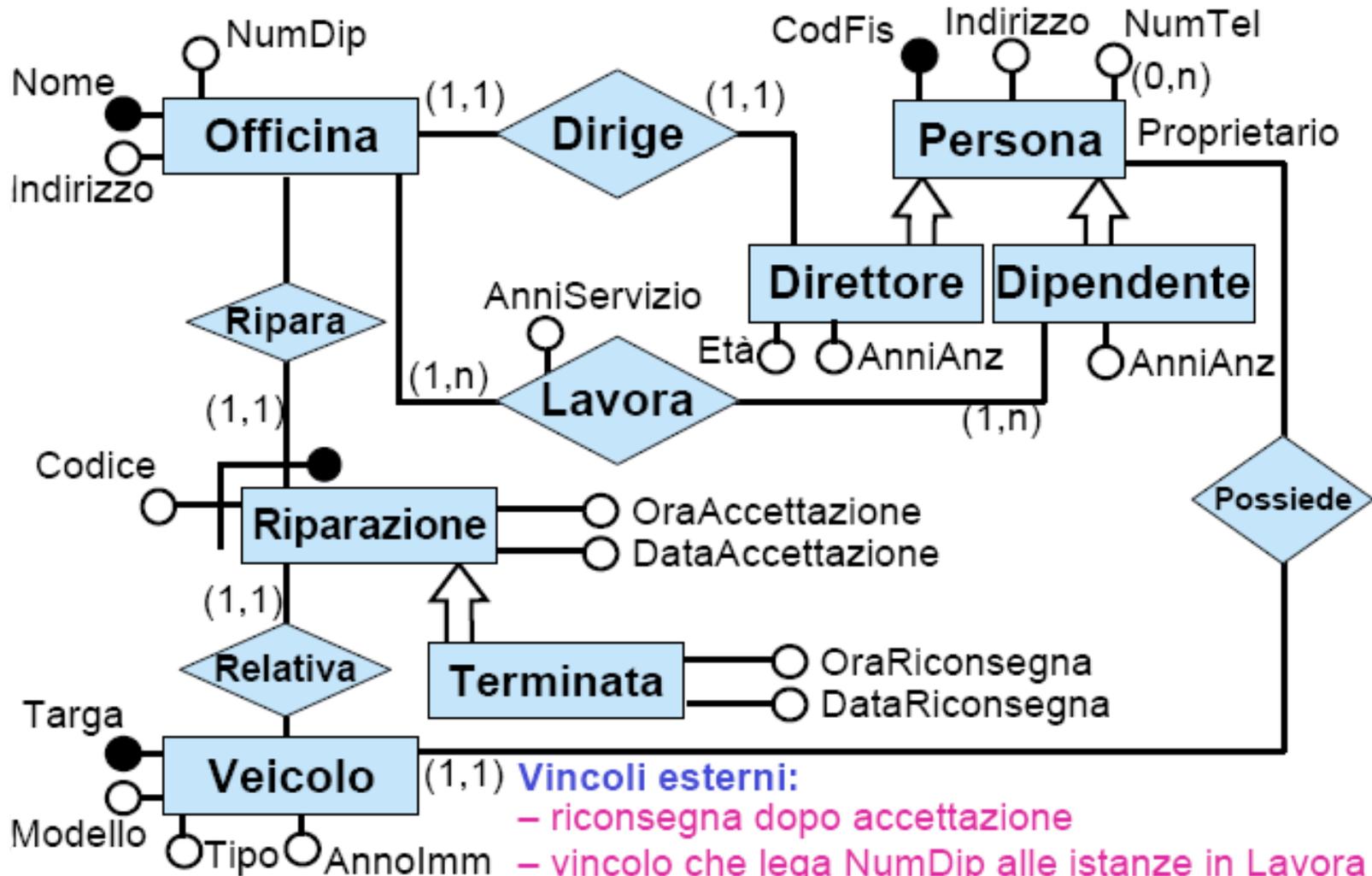
# Esercizio 7 – Schema Concettuale

---

Descrivere lo schema concettuale corrispondente ad un'applicazione riguardante un insieme di officine, facendo riferimento alle seguenti specifiche.

Delle officine interessano: nome, indirizzo, numero di dipendenti (maggiore di 0), dipendenti (con l'informazione su quanti anni di servizio), e direttore. Si noti che ogni officina ha uno ed un solo direttore, ed un direttore dirige una ed una sola officina. Dei dipendenti e dei direttori interessano: codice fiscale, indirizzo, numeri di telefono, e anni di anzianità. Dei direttori interessa anche l'età. Si noti che un direttore non è necessariamente un dipendente di officina (ma può esserlo). Ogni riparazione è effettuata da una ed una sola officina, e riguarda uno ed un solo veicolo. Di ogni riparazione interessano: codice (univoco nell'ambito dell'officina), ora e data di accettazione del veicolo, e, nel caso di riparazione terminata, ora e data di riconsegna del veicolo. Dei veicoli interessano: modello, tipo, targa, anno di immatricolazione, e proprietario. Ogni veicolo ha uno ed un solo proprietario. Dei proprietari di veicoli interessano: codice fiscale, indirizzo, e numeri di telefono.

# Esercizio 7 – Soluzione



# Esercizio 8 – Schema Concettuale

---

Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---



**partecipante**

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

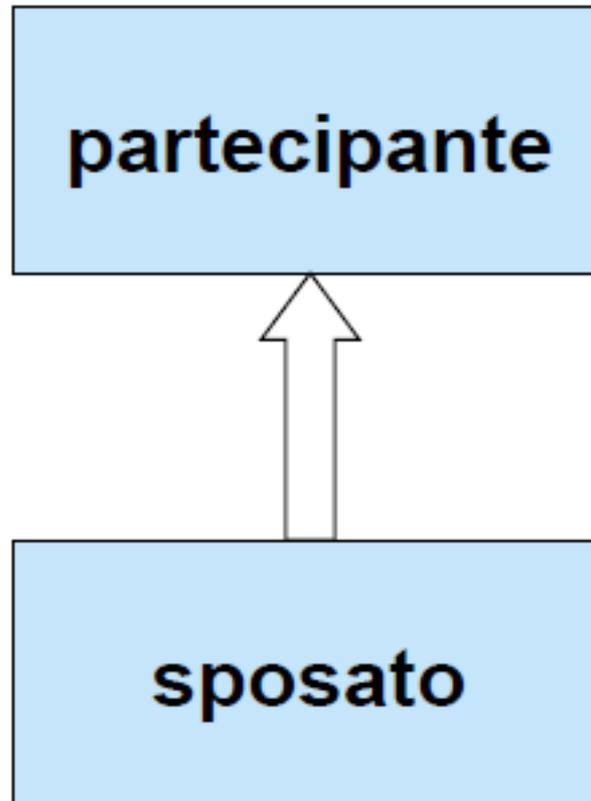
Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---



# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

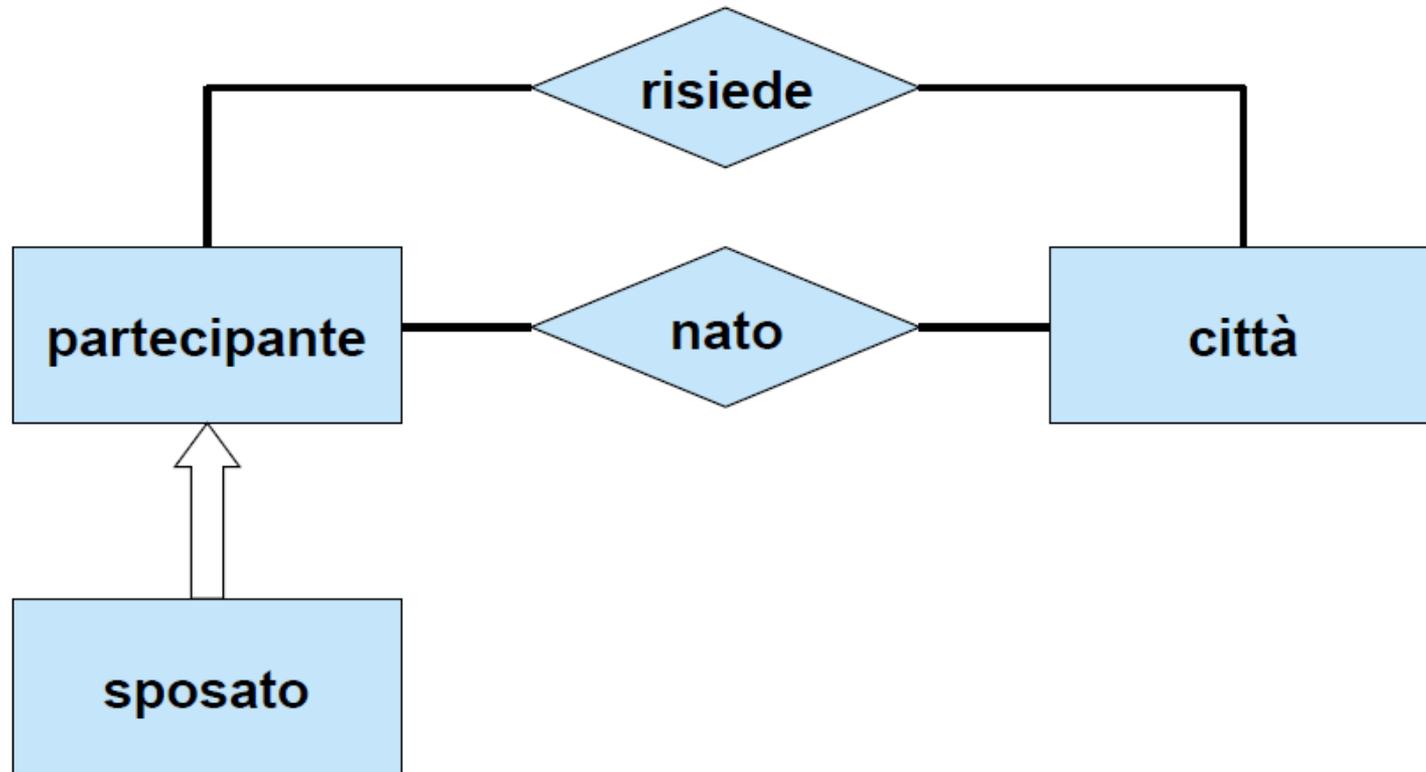
Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---



# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

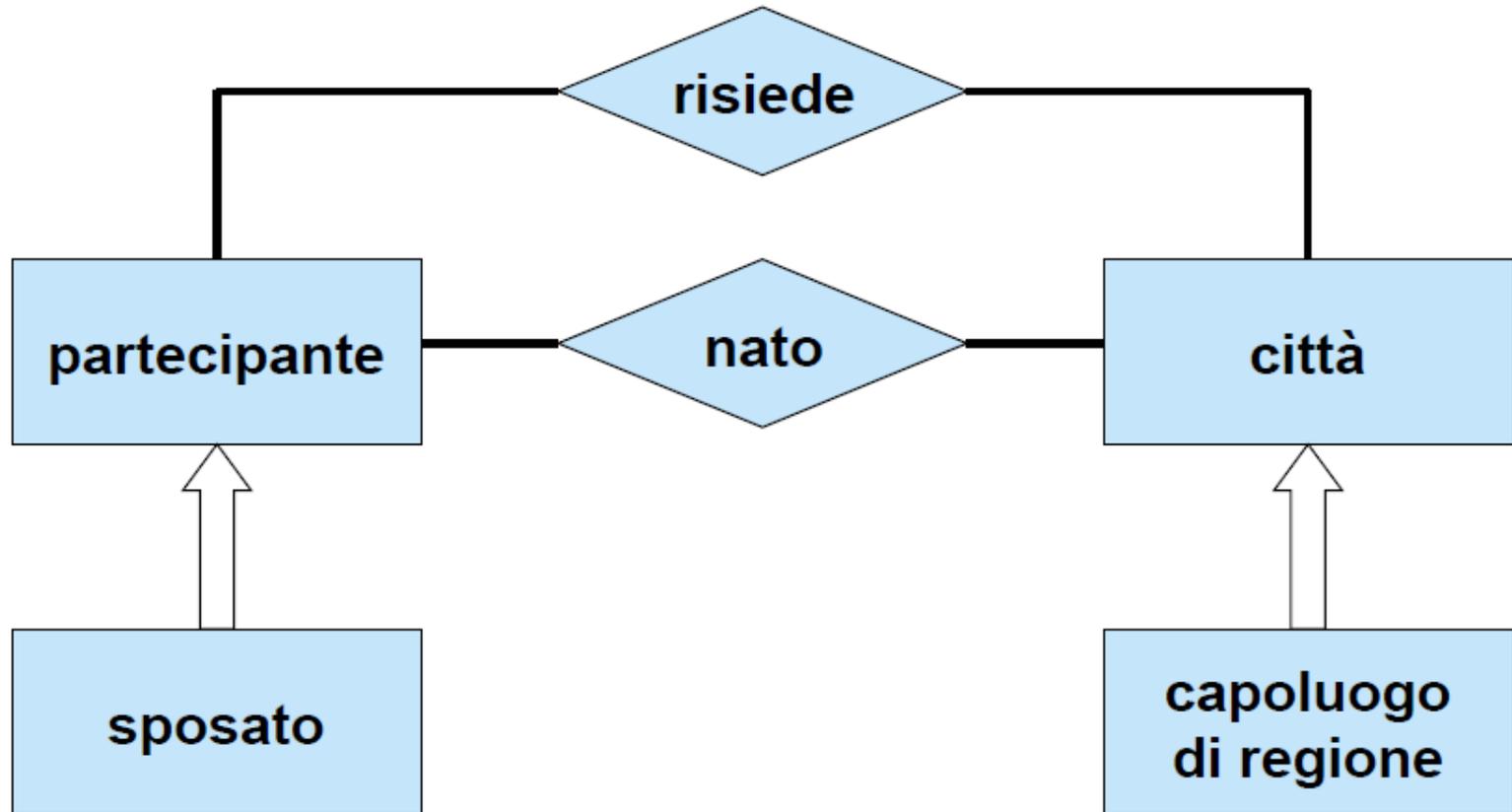
Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---



# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

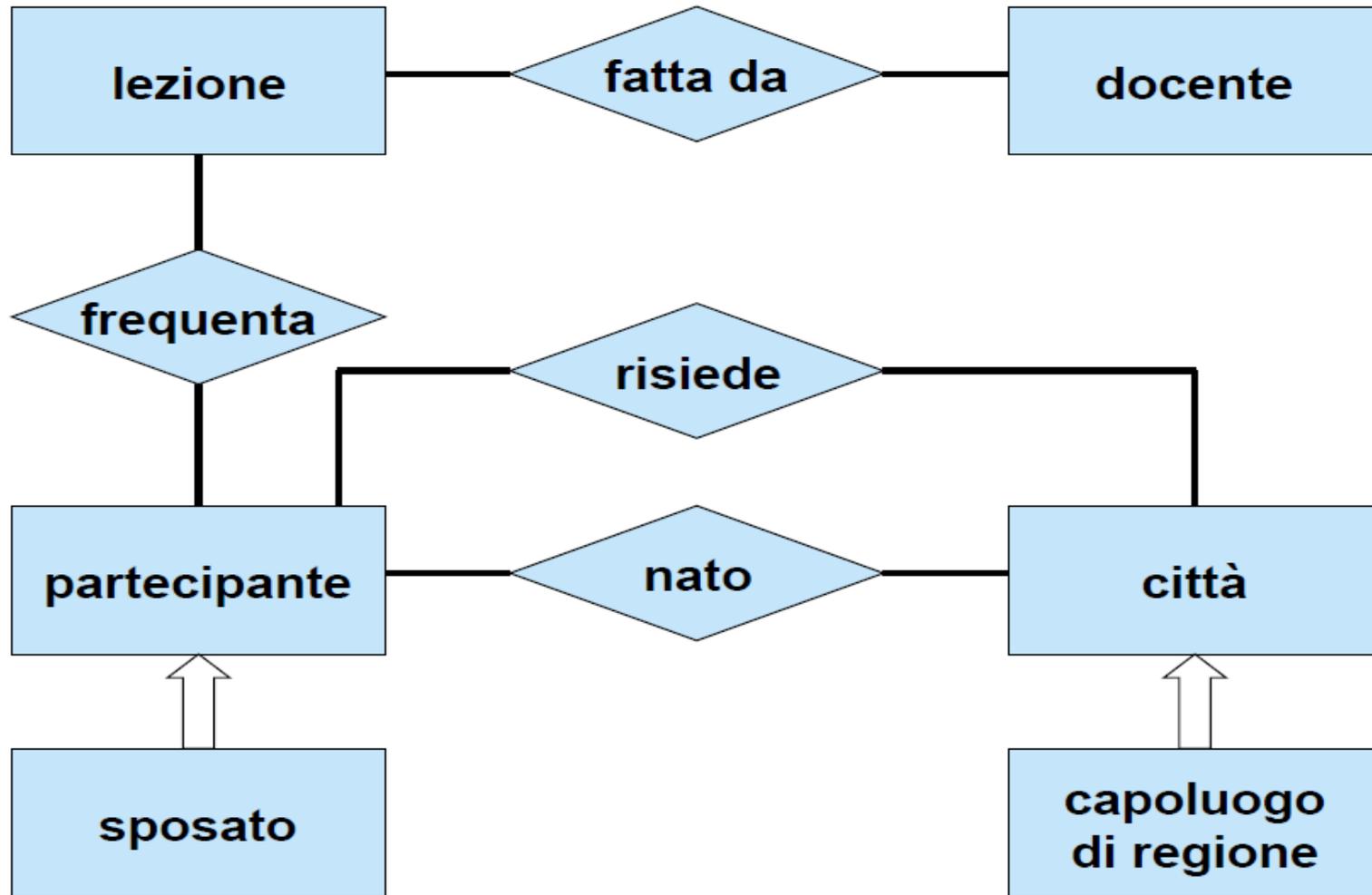
Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno li in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento



# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento

---

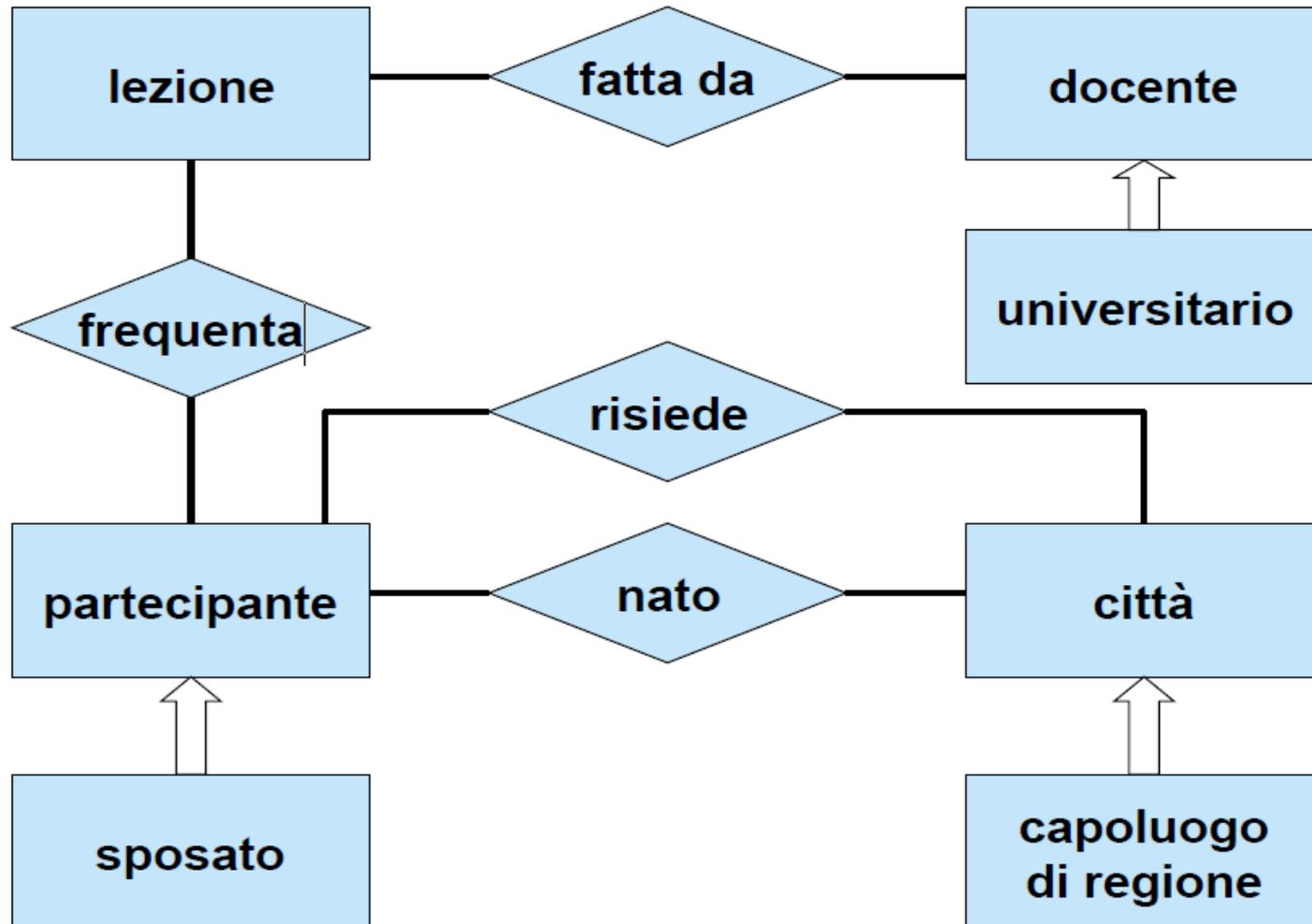
Vogliamo memorizzare dati relativi ai partecipanti ad un corso. Per ciascuno, vogliamo ricordare nome, cognome, data di nascita, se è sposato, e, nel caso lo sia, il numero di figli.

Vogliamo, poi ricordare le città in cui risiedono e le città in cui sono nati, insieme al numero di abitanti. Per le città capoluogo di regione, vogliamo ricordare la regione.

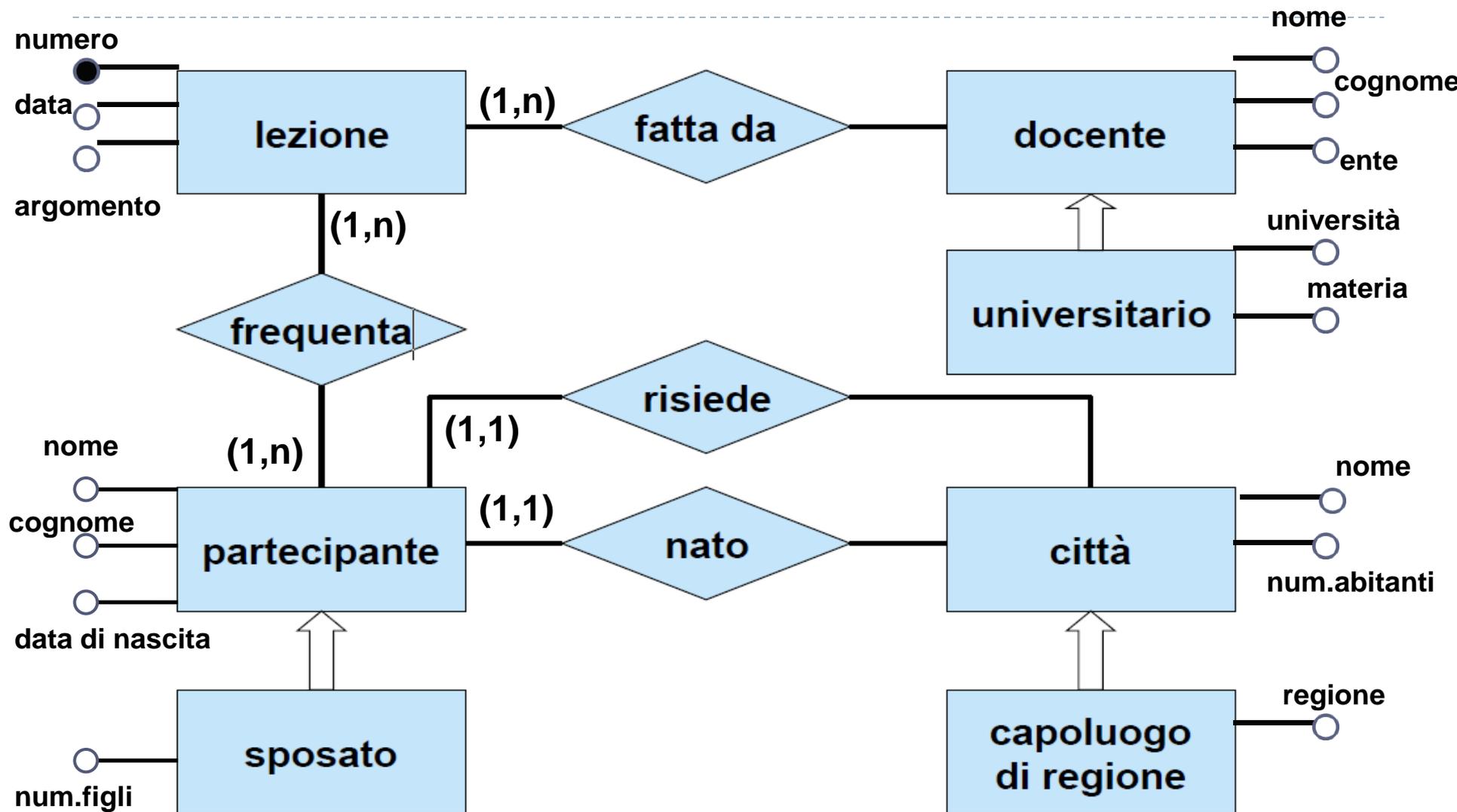
Vogliamo poi sapere le lezioni che i partecipanti hanno frequentato, con i (o il), docenti che le hanno svolte (nome, cognome, e tipo di enti di provenienza), il corrispondente argomento ed il giorno in cui si sono svolte. Ad ogni lezione va associato un numero progressivo.

Relativamente ai docenti provenienti dall'Università, si vuole ricordare la Università da cui provengono e la materia che hanno in affidamento.

# Soluzione Esercizio 8 – Procedimento



# Soluzione Esercizio 8 – Attributi e Vincoli di Cardinalità



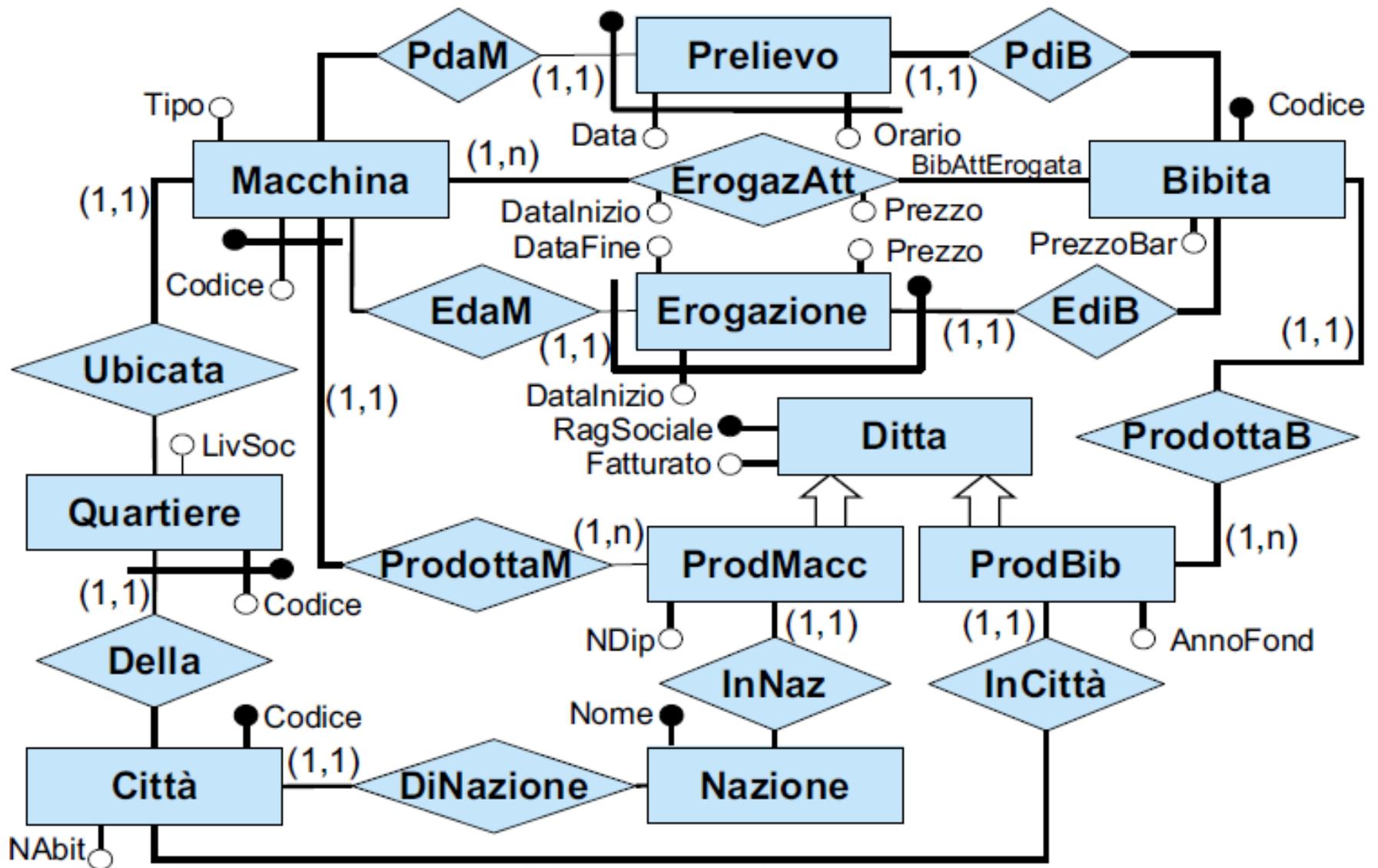
# Esercizio 9 – Schema Concettuale

---

Si richiede di progettare lo schema concettuale Entità-Relazione di un'applicazione relativa alle macchine che erogano bibite. Di ogni macchina erogatrice interessano il codice (unico fra quelle prodotte dalla stessa ditta produttrice), la ditta produttrice (ogni macchina erogatrice è prodotta da una ed una sola ditta), il tipo, e le bibite che la macchina eroga attualmente (ogni macchina erogatrice eroga attualmente almeno una bibita), con il relativo prezzo praticato, e la data in cui si è iniziato a praticare tale prezzo. Di ogni macchina interessano anche i prezzi eventualmente praticati precedentemente per le bibite attualmente erogate (con il relativo periodo specificato con data di inizio e data di fine), e le bibite che la macchina ha erogato e che non eroga più, sempre con i relativi prezzi nei vari periodi. Tutti i prezzi sono espressi in Euro. Ad esempio, la macchina erogatrice numero 5 della ditta “Pluto” eroga attualmente il Chinotto al prezzo di 35 Euro dal 1 marzo 2002, mentre lo erogava al prezzo di 30 Euro dal 1 gennaio 2001 al 28 febbraio 2002, e al prezzo di 25 Euro dal 1 gennaio del 1998 al 31 dicembre 2000. Inoltre, la stessa macchina erogatrice erogava il tea alla pesca, che adesso non eroga più, dal 1 gennaio 1995 al 31 dicembre del 1999 al prezzo di 25 Euro, e dal 1 aprile 2000 al 31 dicembre 2000 al prezzo di 28 Euro. Per ogni macchina erogatrice e per ogni bibita, interessa poi avere informazioni su ogni prelievamento effettuato dai clienti, con data e orario (espresso in ora, minuti e secondi) in cui è stato effettuato. Ogni prelievamento riguarda una ed una sola bibita, e si assume che le macchine erogatrici consentano al massimo un prelievamento al secondo. Di ogni macchina erogatrice interessa anche in quale quartiere di quale città è ubicata. Di ogni quartiere interessano il codice (unico all'interno della città) ed il livello sociale (numero intero positivo). Ogni città è identificata da un codice, e di ogni città interessano la nazione (della nazione interessa solo il nome) ed il numero di abitanti. Di ogni bibita interessano il codice (identificativo), il prezzo standard praticato al bar, e la ditta produttrice (ogni bibita è prodotta da una ed una sola ditta). Di ogni ditta produttrice di macchine erogatrici interessano la ragione sociale (identificativo), il fatturato, il numero di dipendenti, e la nazione in cui è situata la sede ufficiale (della nazione interessa solo il nome). Di ogni ditta produttrice di bibite interessano la ragione sociale (identificativo), il fatturato, l'anno di fondazione, e la città in cui è situata la sede ufficiale.

---

# Esercizio 9 – Soluzione



# Esercizio 9 – Vincoli Esterni

---

- Le date di inizio e di fine erogazione sono coerenti tra di loro:  
per ogni  $e \in \text{istanze}(\text{Erogazione})$ :  $\text{DataInizio}(e) \leq \text{DataFine}(e)$
- I periodi di erogazione di una stessa bibita da parte di una stessa macchina sono disgiunti a coppie:  
per ogni  $e_1, e_2 \in \text{istanze}(\text{Erogazione})$ ,  $m \in \text{istanze}(\text{Macchina})$ ,  
 $b \in \text{istanze}(\text{Bibita})$   
se  $(e_1, m), (e_2, m) \in \text{istanze}(\text{EdaM})$ ,  
 $(e_1, b), (e_2, b) \in \text{istanze}(\text{EdiB})$ , e  
 $\text{DataInizio}(e_1) \leq \text{DataInizio}(e_2)$   
allora  $\text{DataFine}(e_1) \leq \text{DataInizio}(e_2)$   
  
per ogni  $e \in \text{istanze}(\text{Erogazione})$ ,  $(m, b) \in \text{istanze}(\text{ErogazAtt})$ ,  
se  $(e, m) \in \text{istanze}(\text{EdaM})$  e  $(e, b) \in \text{istanze}(\text{EdiB})$   
allora  $\text{DataFine}(e) \leq \text{DataInizio}((m, b))$

# Esercizio 9 – Vincoli Esterni

---

- I prelievi sono coerenti con le erogazioni:  
per ogni  $p \in \text{istanze}(\text{Prelievo})$ ,  $m \in \text{istanze}(\text{Macchina})$ ,  
 $b \in \text{istanze}(\text{Bibita})$   
se  $(p,m) \in \text{istanze}(\text{PdaM})$  e  $(p,b) \in \text{istanze}(\text{PdiB})$   
allora esiste  $e \in \text{istanze}(\text{Erogazione})$   
con  $(e,m) \in \text{istanze}(\text{EdaM})$ ,  $(e,b) \in \text{istanze}(\text{EdiB})$ , e  
 $\text{DataInizio}(e) \leq \text{Data}(p) \leq \text{DataFine}(e)$   
oppure  $(m,b) \in \text{istanze}(\text{ErogazAtt})$  e  
 $\text{DataInizio}((m,b)) \leq \text{Data}(p)$
- Per le ditte che producono sia macchine che bibite, le informazioni su città e nazione della sede ufficiale sono coerenti:  
per ogni  $d \in \text{istanze}(\text{ProdMacc}) \cap \text{istanze}(\text{ProdBib})$   
se  $(d,c) \in \text{istanze}(\text{InCittà})$  e  $(c,n) \in \text{istanze}(\text{DiNazione})$   
allora  $(d,n) \in \text{istanze}(\text{InNaz})$