

---

# Laboratorio di Basi di dati

---

## Modello Entity-Relationship

Luca Anselma

[luca.anselma@unito.it](mailto:luca.anselma@unito.it)

# Il Modello Entity-Relationship (ER)

- È il modello concettuale più diffuso
- Fornisce costrutti per descrivere le specifiche sulla struttura dei dati
  - in modo semplice e comprensibile
  - con un formalismo grafico
  - in modo indipendente dal modello logico, che può essere scelto in seguito
- Non modella il comportamento del sistema (per es. le operazioni sul sistema) come UML, ma modella i dati

# Costrutti principali

Entità

Associazioni

Attributi

Identificatori

Generalizzazioni e sottoinsiemi

# Entità

- Rappresentano aspetti del mondo reale con esistenza “*autonoma*” ai fini dell’applicazione di interesse come un oggetto, una persona, un evento, un concetto, ...
- Per esempio nel contesto di un’applicazione aziendale: Città, Dipartimento, Impiegato, Acquisto e Vendita
- Probabilmente non sono entità: Cognome, Data, Età, Mario Rossi

# Entità

- Graficamente le entità sono rappresentate come rettangoli

Impiegato

Dipartimento

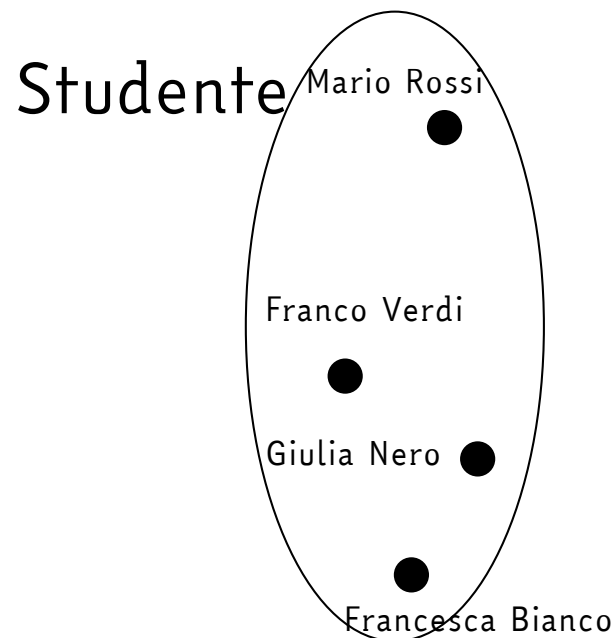
Città

# Occorrenze di entità

- Una **occorrenza di un'entità** è un oggetto della classe che l'entità rappresenta
- Per esempio: Torino, Roma, Firenze sono esempi di occorrenze dell'entità Città

# Occorrenze di Entità

- È utile pensare a un'entità come all'*insieme delle sue occorrenze*, cioè all'insieme degli individui che costituiscono l'entità



- Es.: l'entità Studente corrisponde all'insieme delle sue occorrenze: {Mario Rossi, Franco Verdi, Giulia Nero, Francesca Bianco, ...}

# Occorrenze di Entità

- Un'occorrenza di entità non si riduce ai valori che la identificano (p.e. nome, codice fiscale, ...), ma ha esistenza indipendente
- Questa è una differenza rispetto al modello relazionale (nel quale si rappresenta un oggetto esclusivamente tramite le sue proprietà)

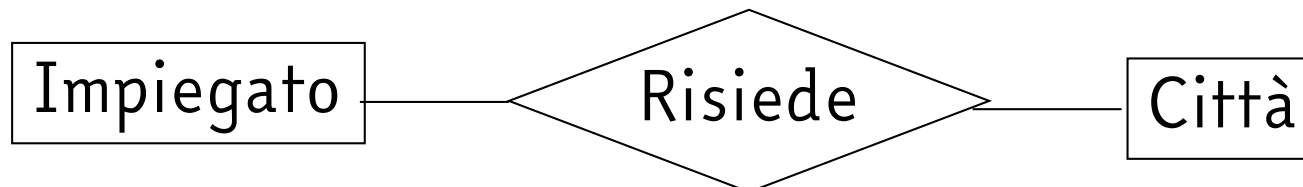
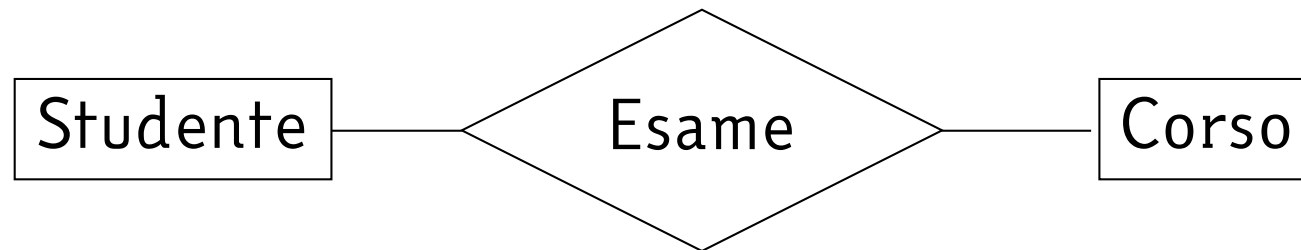


# Associazioni

- Rappresentano legami logici tra due o più entità
- Per esempio:
  - *Risiede*: lega le entità Impiegato e Città
  - *Esame*: lega le entità Studente e Corso
- Spesso si può pensare alle entità come a *sostantivi* e alle associazioni come a *verbi* che collegano due o più sostantivi

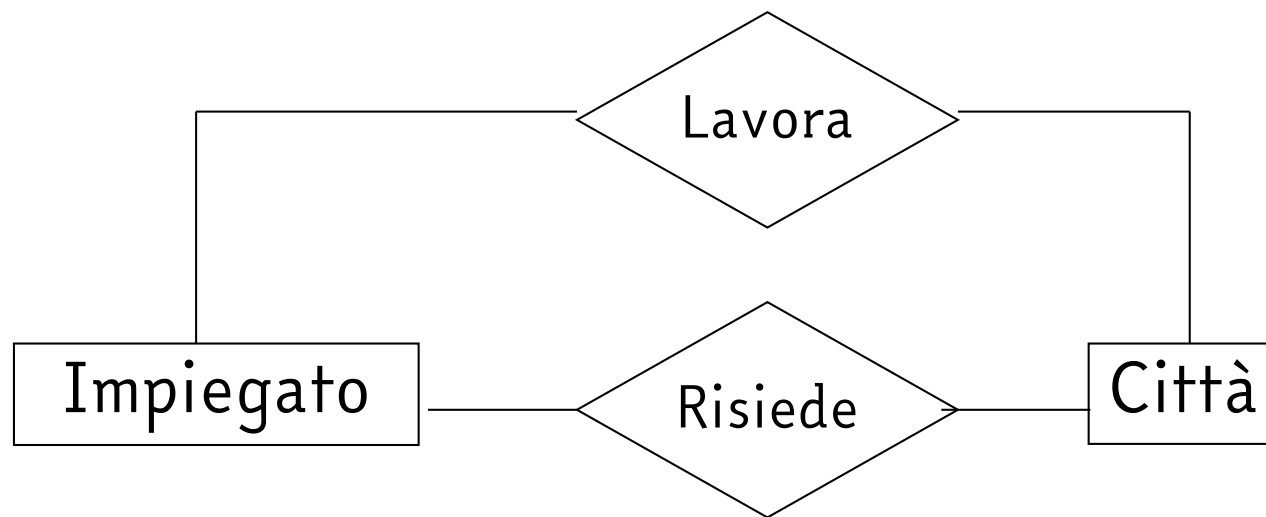
# Associazioni

- Graficamente: un rombo con linee che connettono l'associazione a ciascuna delle sue componenti



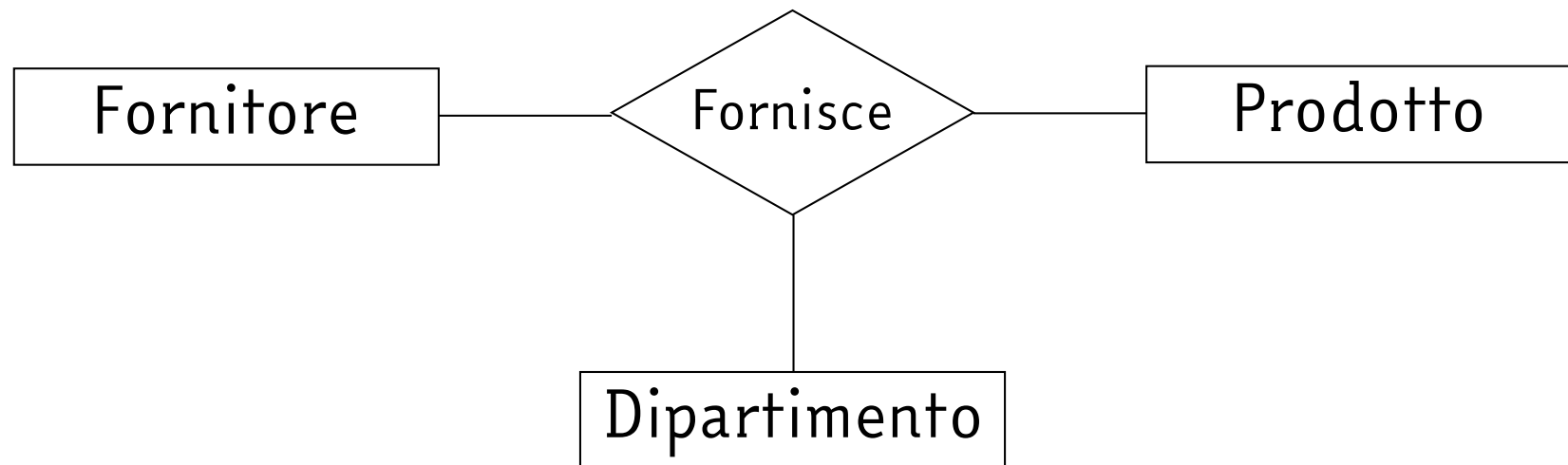
# Associazioni

- È possibile avere associazioni diverse che coinvolgono le stesse entità



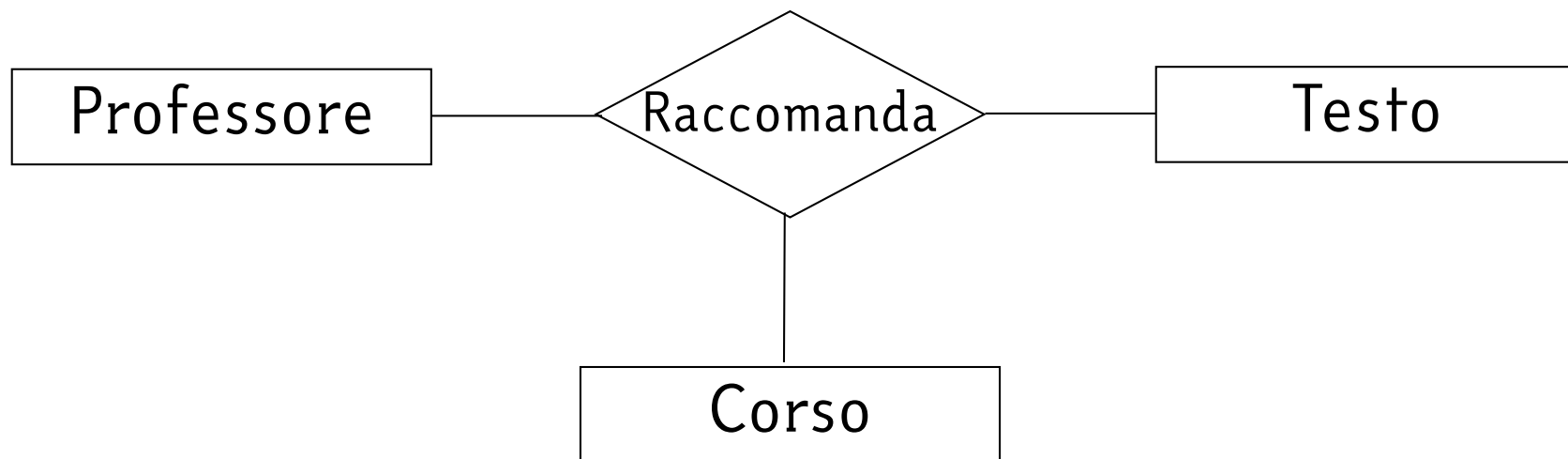
# Associazioni

- È possibile avere associazioni che coinvolgono più di due entità



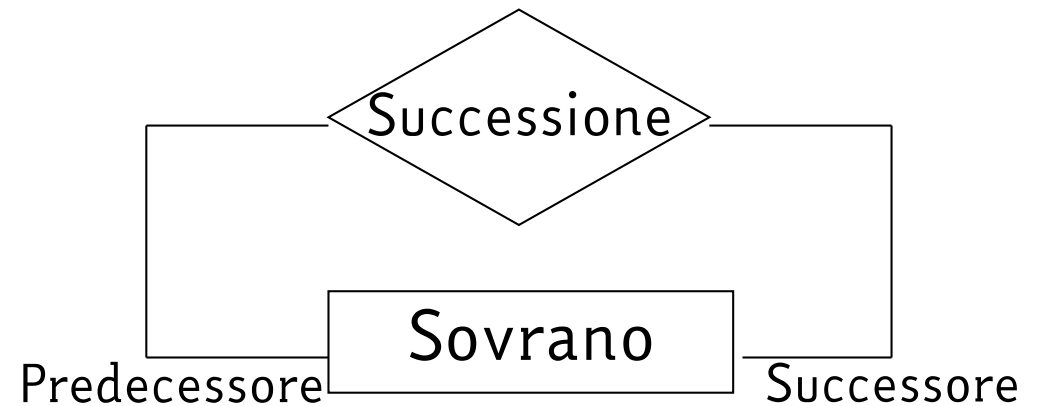
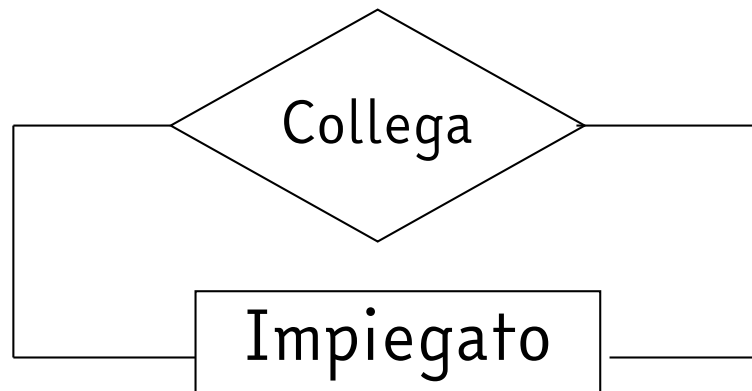
# Associazioni

- È possibile avere associazioni che coinvolgono più di due entità



# Associazioni

- È possibile avere un'associazione tra un'entità e se stessa



- Se l'associazione non è simmetrica, occorre definire i ruoli dell'entità

# Occorrenze di associazioni

- Le **occorrenze di un'associazione** fra due entità sono le coppie delle occorrenze delle entità che partecipano all'associazione
- Per es., un'occorrenza dell'associazione *Risiede* tra le entità *Impiegato* e *Città* è (*Chiara Rossi, Bologna*) e rappresenta il fatto che *Chiara Rossi* e *Bologna* sono legate dall'associazione *Risiede* (cioè Chiara Rossi risiede a Bologna)

# Occorrenze di associazioni

- È utile pensare a un'associazione come all'**insieme** delle sue occorrenze

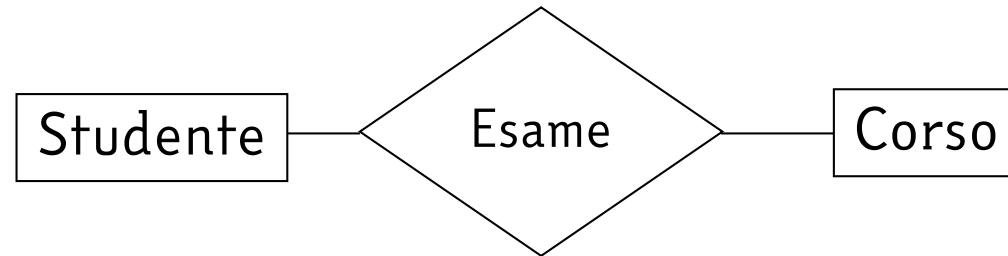
Insieme: collezione di elementi →

- L'ordine degli elementi non è importante
- Un insieme non contiene duplicati

- Per es., l'associazione *Risiede* corrisponde all'insieme  $\{(Paolo\ Rossi, Bologna), (Chiara\ Verdi, Firenze)\}$ ,  
cioè  $Risiede \subseteq Impiegato \times Città$

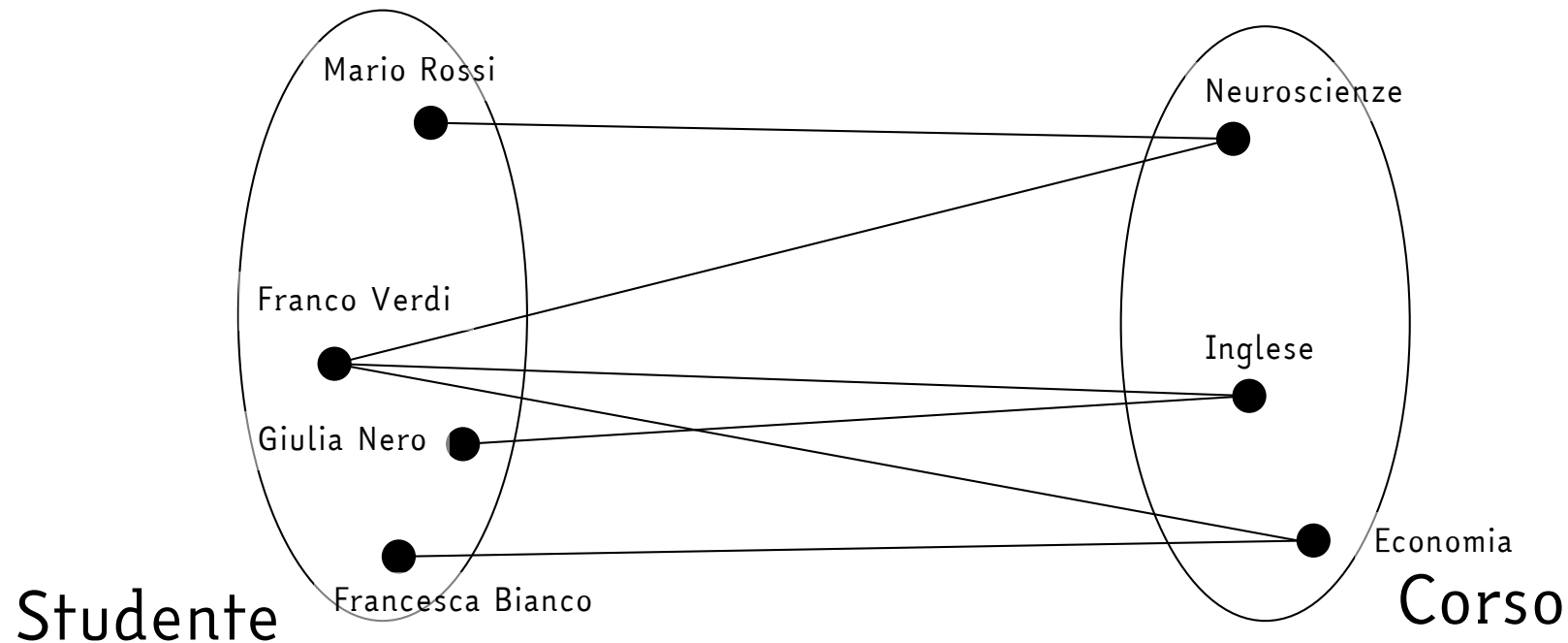


# Occorrenze di associazioni

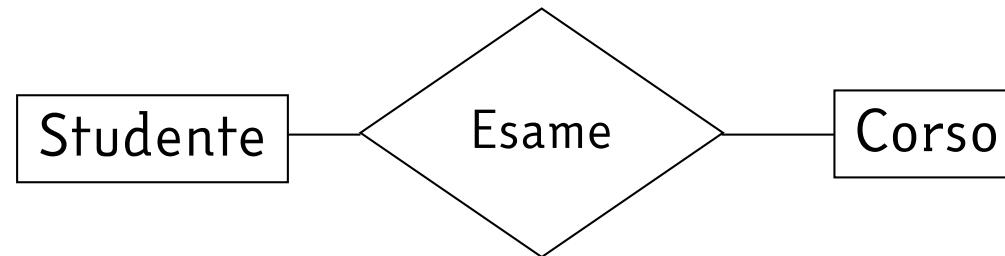


$$Esame \subseteq Studente \times Corso$$

Occorrenze di *Esame*:  $\{(Mario\ Rossi, Neuroscienze), (Franco\ Verdi, Neuroscienze), (Franco\ Verdi, Inglese), \dots\}$

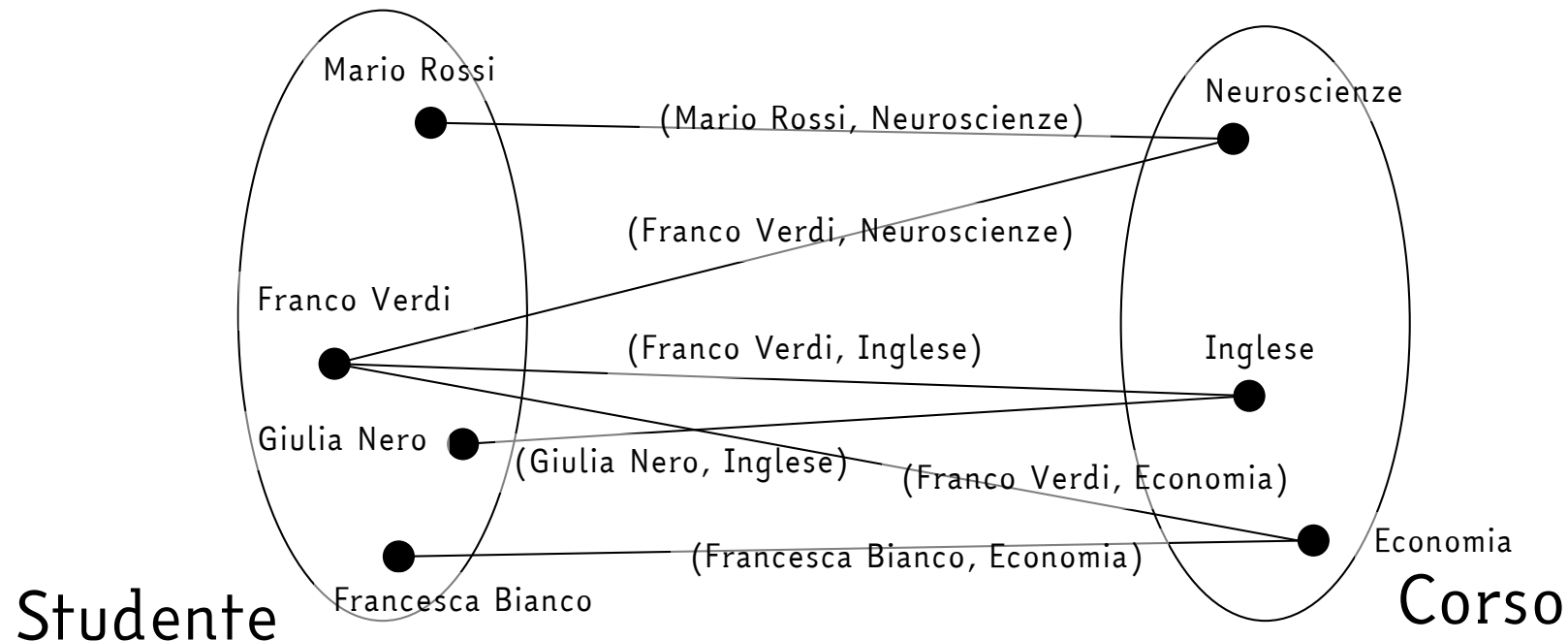


# Occorrenze di associazioni



$$Esame \subseteq Studente \times Corso$$

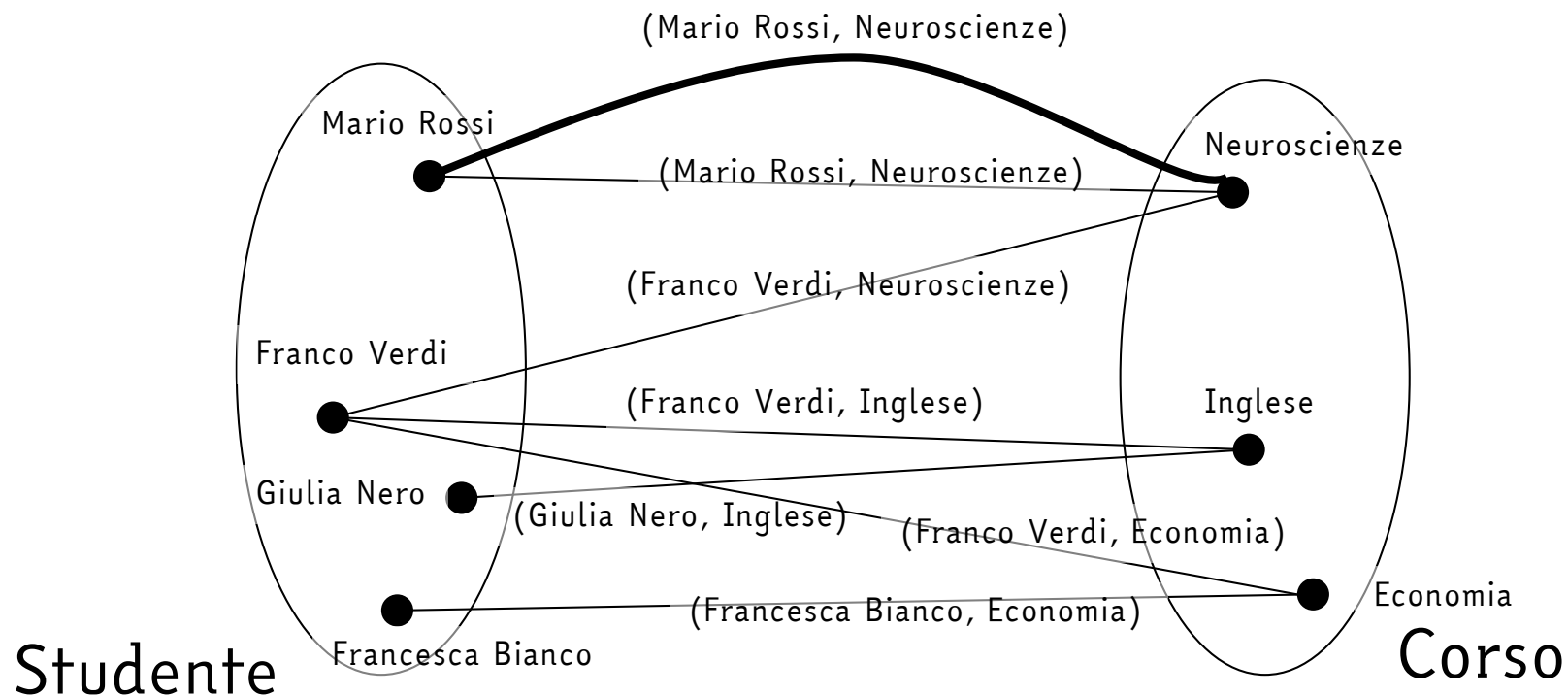
Occorrenze di *Esame*:  $\{(Mario\ Rossi, Neuroscienze), (Franco\ Verdi, Neuroscienze), (Franco\ Verdi, Inglese), \dots\}$



# Occorrenze di associazioni

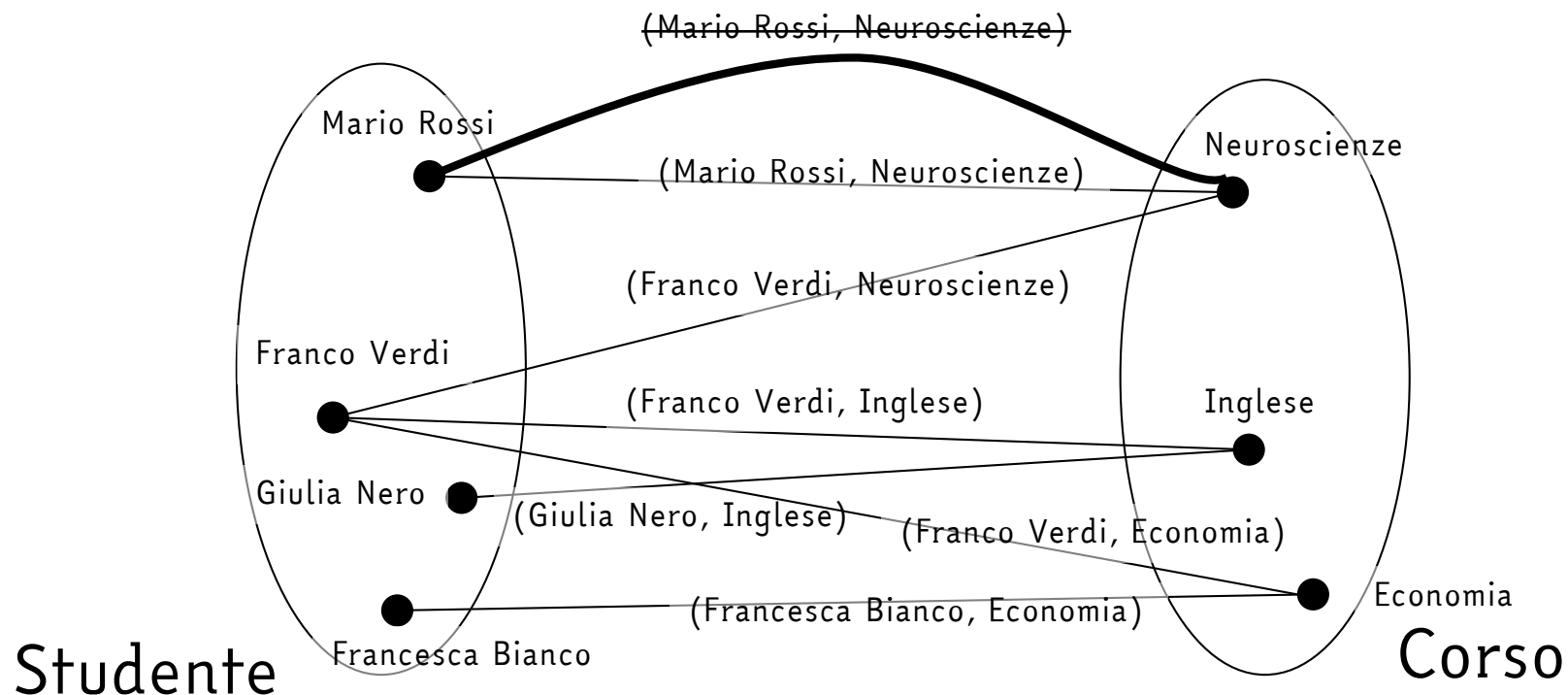
Le seguenti sono occorrenze valide dell'associazione

*Esame: {(Mario Rossi, Neuroscienze), (Mario Rossi, Neuroscienze), (Franco Verdi, Neuroscienze), (Franco Verdi, Inglese), ...}?*



# Occorrenze di associazioni

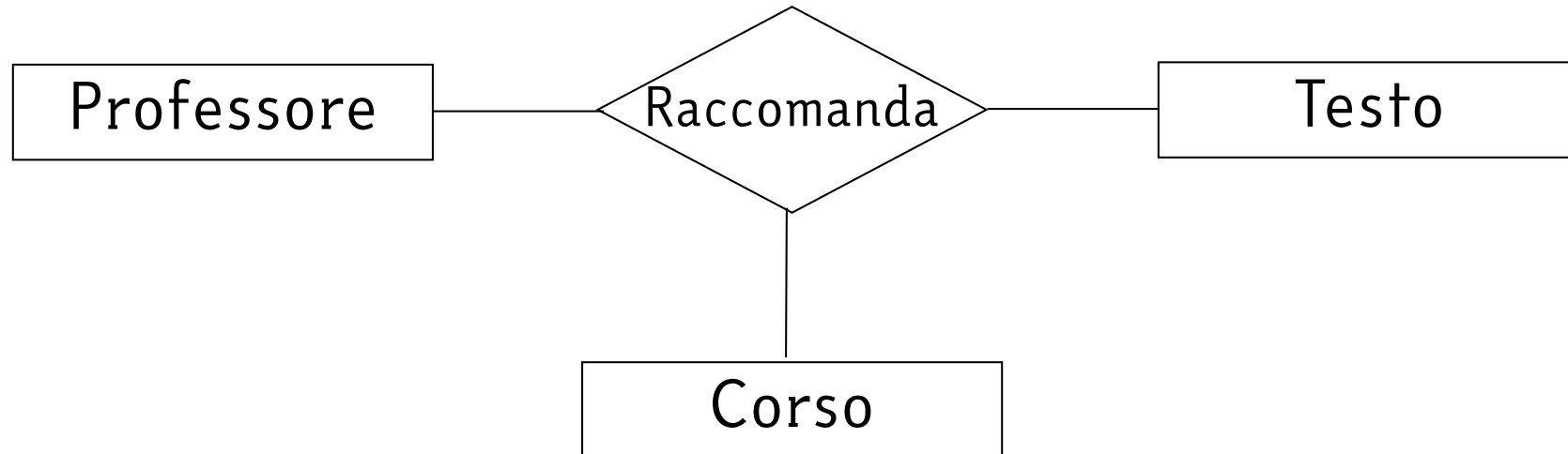
No: in un insieme un elemento non può essere ripetuto:  
 $\{(Mario Rossi, Neuroscienze), \text{~~(Mario Rossi, Neuroscienze)~~, (Franco Verdi, Neuroscienze), (Franco Verdi, Inglese), ... \}$



# Occorrenze di associazioni

- Quindi, l'associazione *Esame* **non permette** di rappresentare il fatto che uno studente sostiene un esame più volte; esprime solamente il concetto che le occorrenze di entità *Mario Rossi* e *Neuroscienze* sono legate logicamente tra di loro con un legame chiamato “Esame”
- Un'associazione – a differenza delle entità – non ha un'esistenza “di per sé”, ma esprime un legame tra occorrenze di entità

# Occorrenze di associazioni



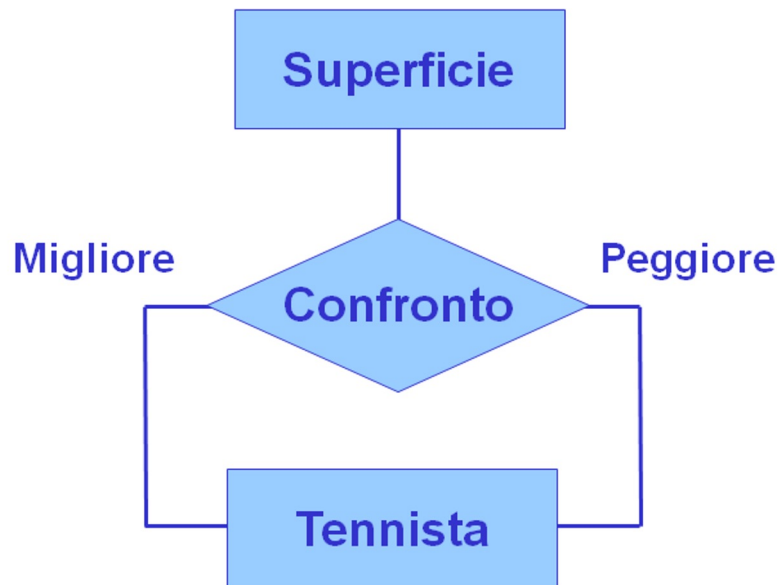
$$Raccomanda \subseteq Professore \times Testo \times Corso$$

Le occorrenze di *Raccomanda* sono quindi triple (professore, testo, corso).

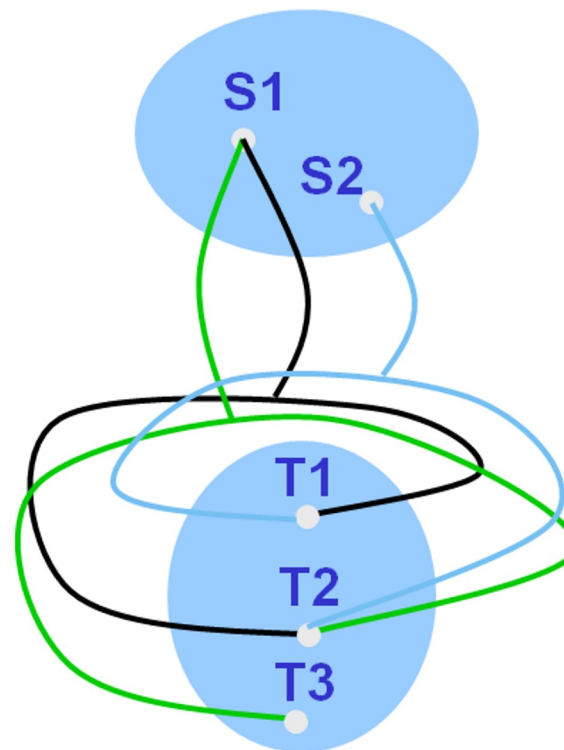
È possibile avere solo la coppia (testo, corso)?

No: un'associazione n-aria **richiede** la partecipazione di un'occorrenza di almeno un'occorrenza **per ognuna delle n entità coinvolte**.

# Occorrenze di associazioni ternarie ricorsive



$Confronto \subseteq Tennista \times Tennista \times Superficie$   
 $= \{(T1, T2, S2), (T2, T1, S1), (T3, T2, S1)\}$



T1 è migliore di T2 su S2

T2 è migliore di T1 su S1

T3 è migliore di T2 su S1

# Attributi

- Descrivono le proprietà di entità o associazioni che sono di interesse ai fini dell'applicazione
- Per esempio:
  - Cognome, Stipendio ed Età sono possibili attributi dell'entità Impiegato
  - Data e Voto sono possibili attributi dell'associazione Esame tra Studente e Corso



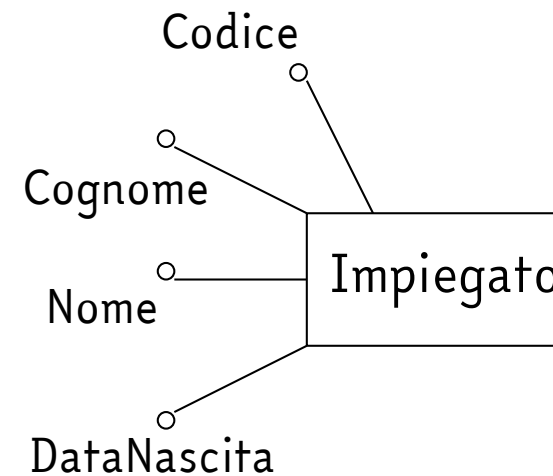
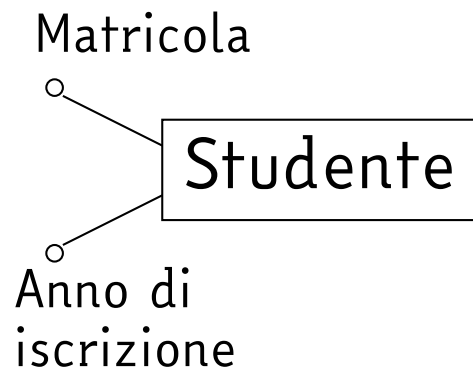
# Attributi

- Ogni attributo è caratterizzato dal suo **dominio**, l'insieme dei valori ammissibili per l'attributo
- Un attributo assegna a un'occorrenza di entità o di associazione un valore appartenente al dominio dell'attributo

# Attributi

- Attributi di entità

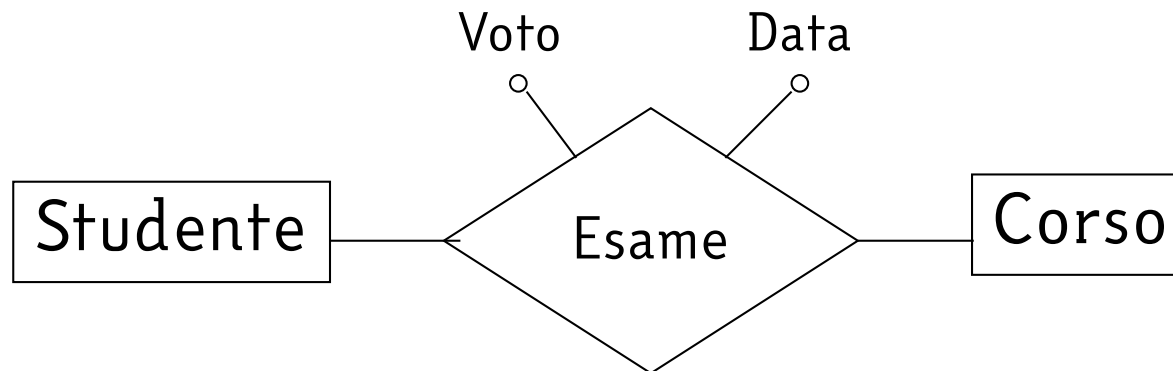
*Esempio:*



# Attributi

- Attributi di associazioni

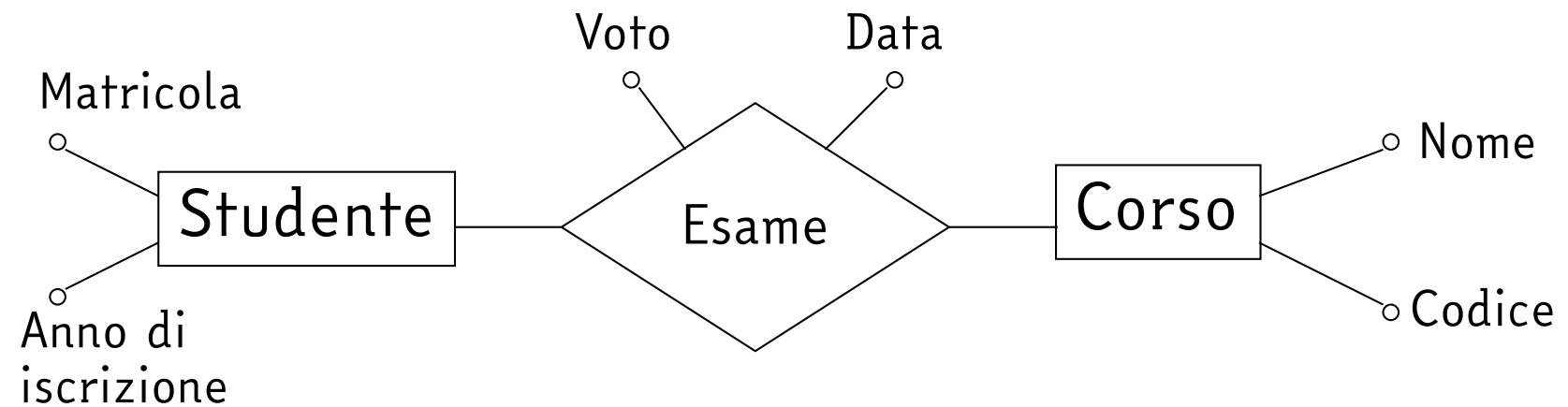
*Esempio:*



- N.B.: Voto e Data non sono proprietà né di Studente né di Corso, ma del legame tra i due, cioè dell'esame

# Attributi

*Esempio completo:*

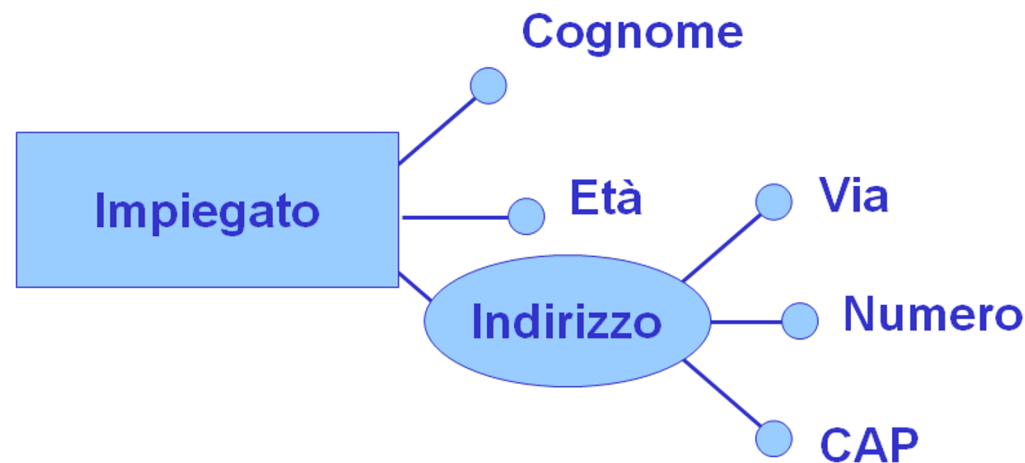


# Attributi composti

Raggruppano attributi di una medesima entità o associazione che presentano affinità nel loro significato o uso

Esempio

Via, Numero civico e CAP formano un Indirizzo



# Cardinalità delle associazioni

- Vengono specificate una cardinalità **minima** e **massima** per ciascuna entità che partecipa a un'associazione
- Data un'occorrenza di entità, la cardinalità descrive il numero di occorrenze dell'associazione a cui l'occorrenza di entità può partecipare

# Cardinalità delle associazioni

- Per esempio: associazione Partecipazione tra le entità Impiegato e Progetto
- Impiegato (nel contesto dell'associazione Partecipazione): cardinalità minima = 0, massima = 5
  - Un impiegato può partecipare a un minimo di nessuna occorrenza e a un massimo di cinque occorrenze dell'associazione Partecipazione
  - Cioè: ogni impiegato ha da 0 a 5 progetti diversi



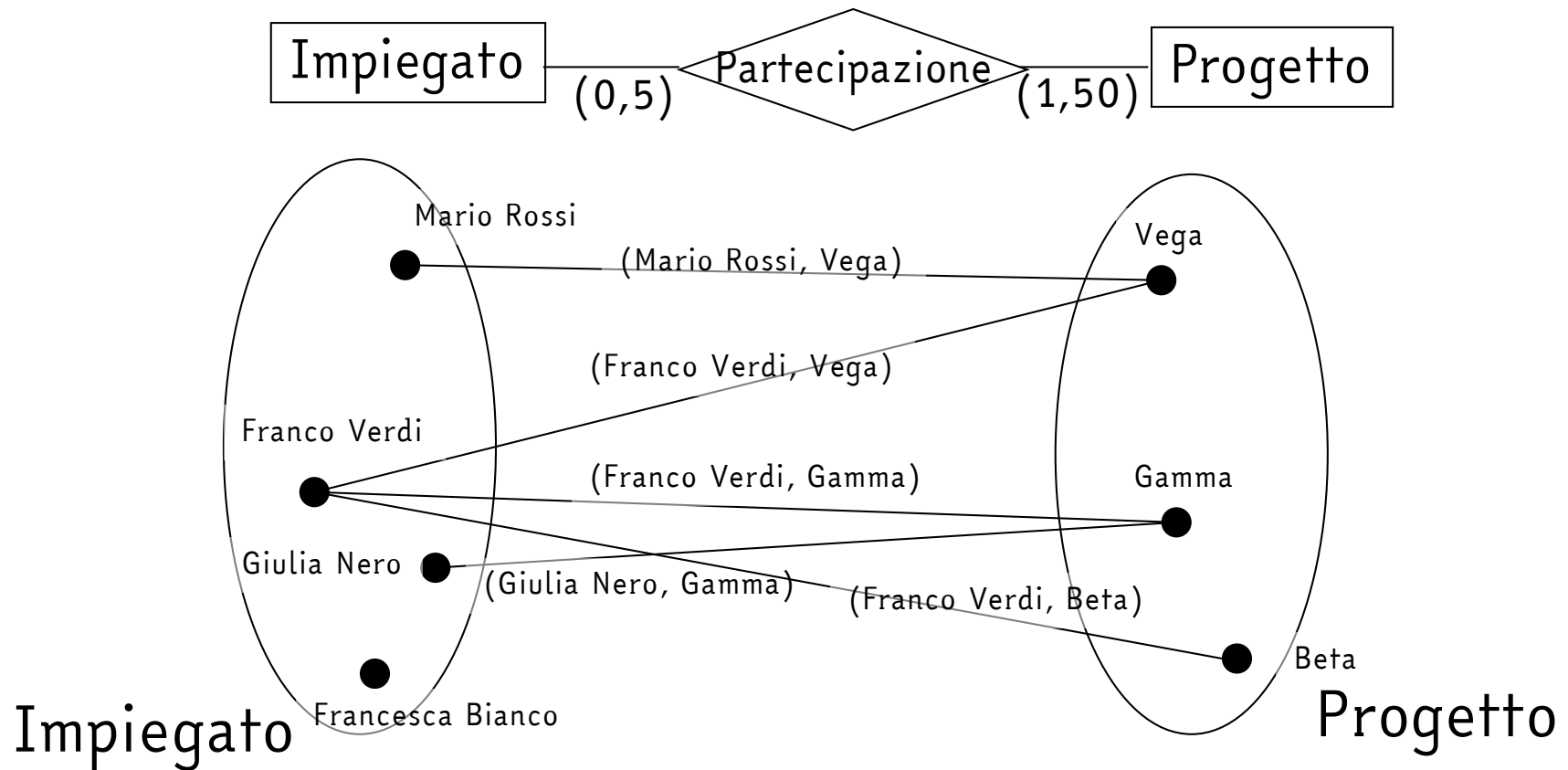
# Cardinalità delle associazioni

- Incarico (nel contesto dell'associazione Partecipazione): cardinalità minima = 1, massima = 50
  - A un determinato Progetto possono partecipare al minimo una occorrenza e al massimo a 50 occorrenze dell'associazione Partecipazione
  - Cioè: a un Progetto possono partecipare come minimo un impiegato e come massimo 50 impiegati diversi





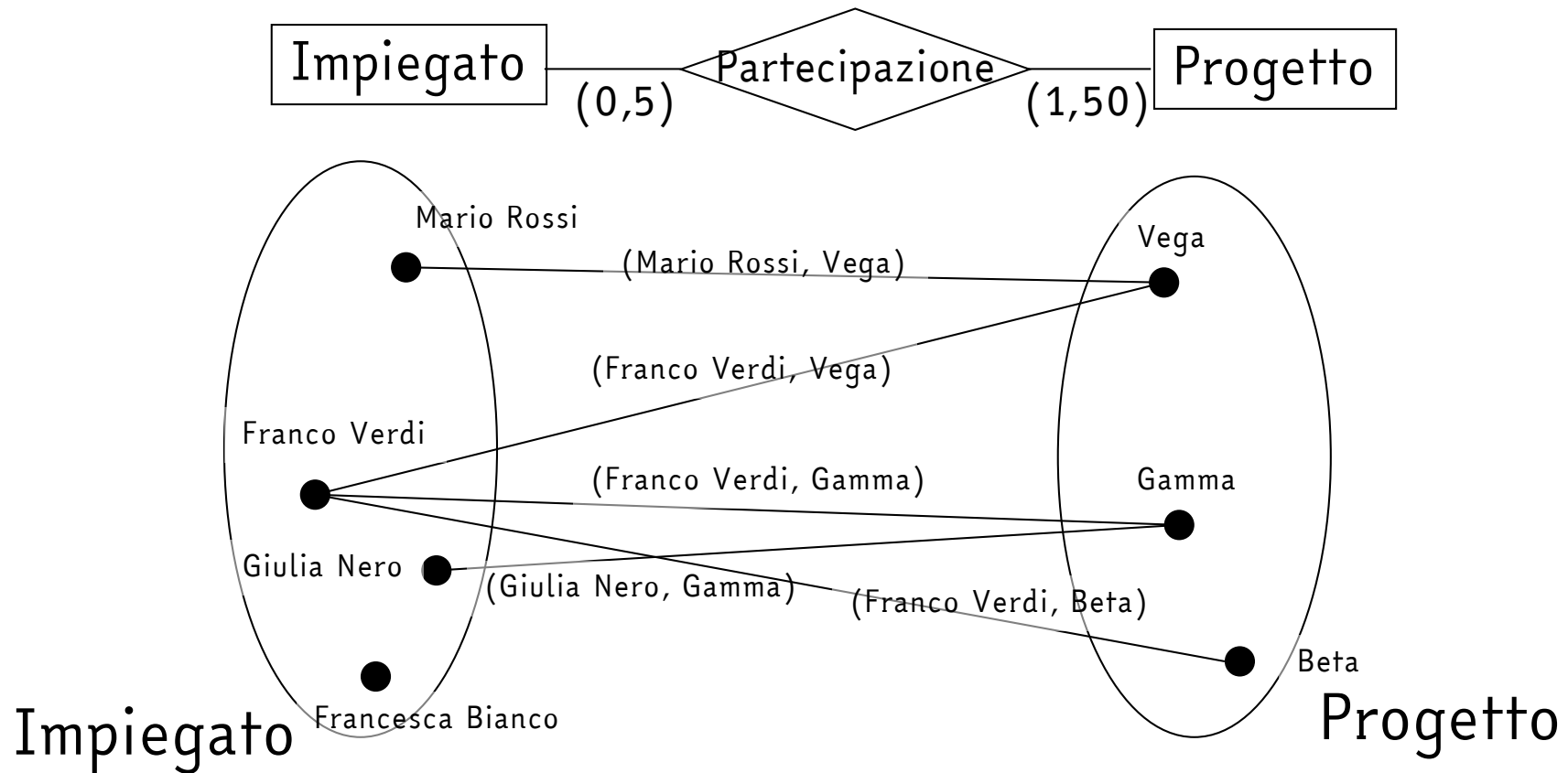
# Occorrenze di associazioni



Dal punto di vista delle occorrenze, la cardinalità  $(0,5)$  tra **Impiegato** e **Partecipazione** significa che per ogni impiegato ci sono tra 0 e 5 occorrenze di **Partecipazione** che lo coinvolgono:

$$\forall \bar{i} \in \text{Impiegato} (0 \leq |\{(\bar{i}, p) \mid (\bar{i}, p) \in \text{Partecipazione}\}| \leq 5)$$

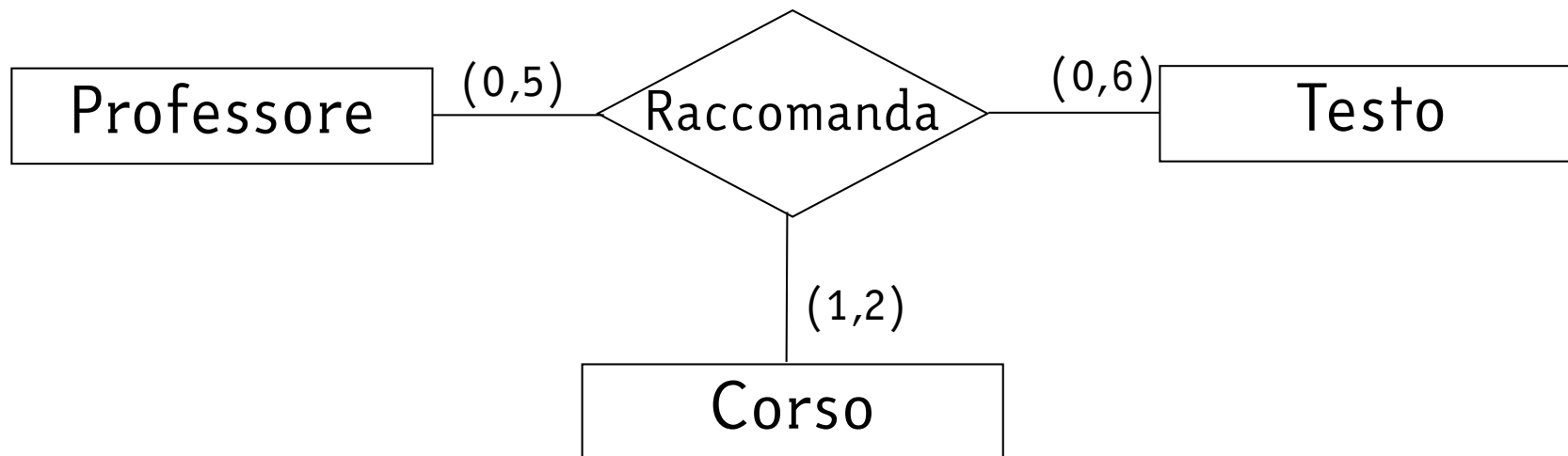
# Occorrenze di associazioni



Dal punto di vista delle occorrenze, la cardinalità  $(1,50)$  tra Progetto e Partecipazione significa che per ogni progetto ci sono tra 1 e 50 occorrenze di Partecipazione che lo coinvolgono:

$$\forall \bar{p} \in \text{Progetto} (1 \leq |\{(i, \bar{p}) \mid (i, \bar{p}) \in \text{Partecipazione}\}| \leq 50)$$

# Occorrenze di associazioni



Le occorrenze di Raccomanda sono le triplette  $(professore, testo, corso)$ .

La cardinalità  $(0,5)$  tra Professore e Raccomanda significa che per ogni professore ci sono tra 0 e 5 occorrenze di Raccomanda che lo riguardano:

$$\forall \bar{p} \in Professore (0 \leq |\{(\bar{p}, t, c) \mid (\bar{p}, t, c) \in Raccomanda\}| \leq 5)$$

La cardinalità  $(1,2)$  tra Corso e Raccomanda significa che per ogni corso ci sono tra 1 e 2 occorrenze di Raccomanda che lo riguardano:

$$\forall \bar{c} \in Corso (1 \leq |\{(p, t, \bar{c}) \mid (p, t, \bar{c}) \in Raccomanda\}| \leq 2)$$

# Cardinalità delle associazioni

- Nella maggiore parte dei casi è sufficiente utilizzare solo tre valori:
  - $0$
  - $1$
  - $n$ : indica genericamente un numero intero maggiore di uno

# Cardinalità delle associazioni

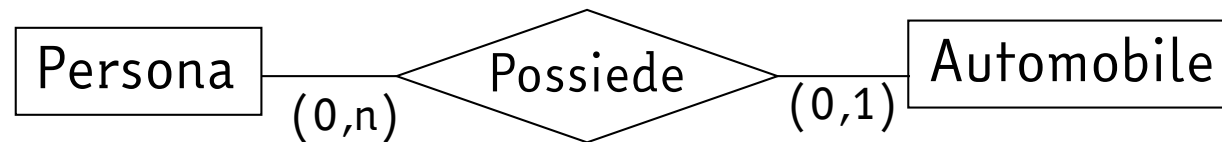
- Cardinalità minima:
  - $0$ : la partecipazione dell'entità relativa è *opzionale*
  - $1$ : la partecipazione dell'entità relativa è *obbligatoria*

# Cardinalità delle associazioni

- Cardinalità massima:
  - $1$ : l'associazione può avere una sola occorrenza dell'entità
  - $n$ : l'associazione può avere un numero arbitrario di occorrenze dell'entità

# Cardinalità delle associazioni

- Esempio:



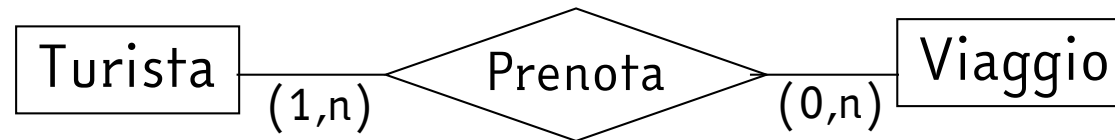
- Card. min tra Persona e Possiede  $0$ : esistono persone che non possiedono automobili
- Card. min tra Automobile e Possiede  $0$ : esistono automobili che non hanno proprietari
- Card. max tra Persona e Possiede  $n$ : ogni persona può possedere anche più di un'automobile
- Card. max tra Automobile e Possiede  $1$ : ogni automobile ha al più un proprietario

# Cardinalità delle associazioni

- Le associazioni vengono classificate a seconda delle **cardinalità massime** in:
  - molti a molti
  - uno a molti
  - uno a uno

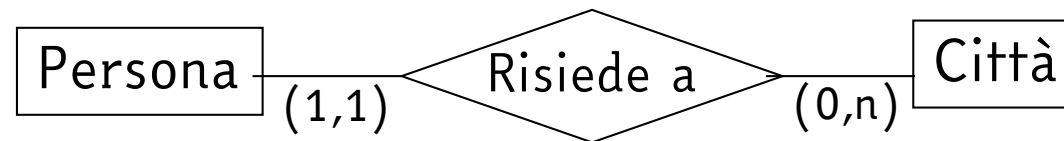


# Cardinalità delle associazioni



- Cardinalità massima pari a  $n$  per entrambe le entità coinvolte → Associazione *molti a molti*

# Cardinalità delle associazioni



- Ogni persona può essere residente in una e una sola città
- Ogni città può avere qualsiasi numero di residenti (anche nessuno)
- Card max di Persona 1 e card max di Città  $n \rightarrow$   
Associazione *uno a molti*

# Cardinalità delle associazioni



- Cardinalità massima pari a 1 per entrambe le entità coinvolte: definisce una corrispondenza uno a uno tra le occorrenze di tali entità →  
Associazione uno a uno

# Cardinalità delle associazioni

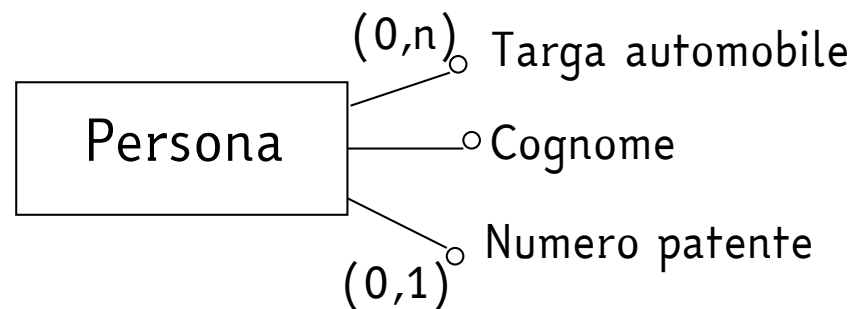
- Cardinalità minime: la partecipazione obbligatoria per tutte le entità coinvolte è rara
  - Quando si aggiunge una nuova occorrenza di entità, spesso non sono note (o non esistono ancora) le corrispondenti occorrenze delle entità a essa collegate

# Cardinalità degli attributi

- Anche per gli attributi può essere specificata la cardinalità
- Descrive il numero minimo e massimo di valori dell'attributo associati a ogni occorrenza di entità o associazione
- Nella maggior parte dei casi, la cardinalità di un attributo è (1,1)  
(e viene omessa perché sottintesa)

# Cardinalità degli attributi

- Se un'occorrenza dell'entità può avere per un certo attributo un valore non definito: cardinalità minima 0
- Se possono esistere diversi valori di un certo attributo per un'occorrenza: cardinalità massima  $n$



# Cardinalità degli attributi

- Cardinalità *minima 0*: l'attributo è *opzionale* (l'informazione potrebbe essere non disponibile)
- Cardinalità *minima 1*: l'attributo è *obbligatorio*
- Cardinalità *massima n*: l'attributo è *multivalore*

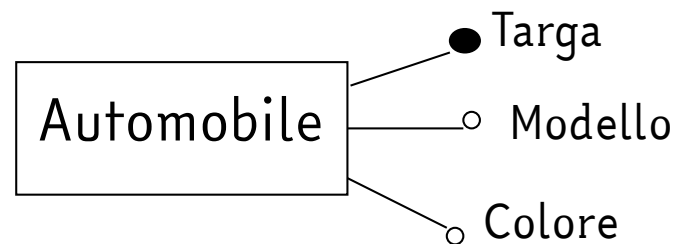
# Identificatori delle entità

- Permettono di identificare **univocamente** le occorrenze di una entità
- Costituiti da:
  - attributi dell'entità (***identificatore interno***)  
oppure
  - attributi dell'entità + entità esterne attraverso associazioni (***identificatore esterno***)



# Identificatori delle entità

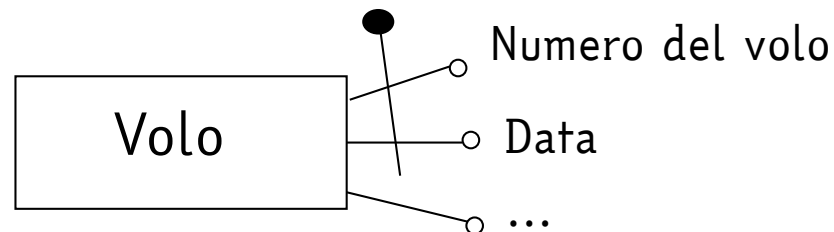
- Per es.: non possono esistere due automobili con la stessa targa
- Quindi, l'attributo Targa è un identificatore per l'entità Automobile



- Rappresentati graficamente con un pallino pieno per l'attributo che è identificatore

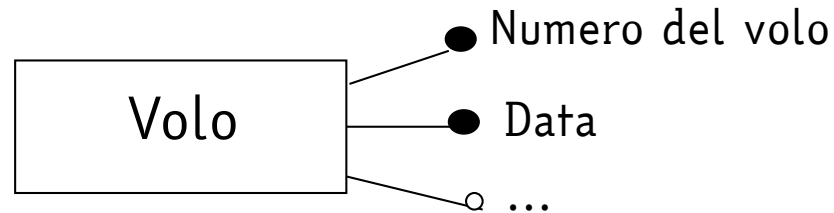
# Identificatori delle entità

- Un identificatore può coinvolgere più attributi
- Entità Volo con gli attributi Numero del volo, Data, ...
- Non è sufficiente un solo attributo per identificare un volo: occorre scegliere la combinazione di Numero del volo e Data



- Rappresentato graficamente con una barra con pallino pieno che tocca gli attributi identificatori

# Identificatori delle entità



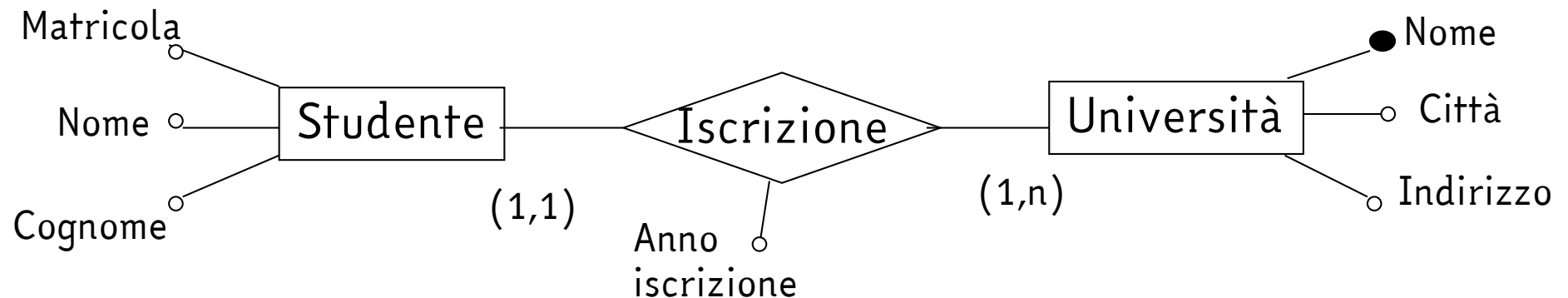
- Attenzione: rappresentando gli identificatori come sopra, si afferma che l'entità Volo possiede **due** identificatori, cioè che ognuno, preso singolarmente, permette di identificare un volo; in questo caso non è vero

# Identificatori esterni

- A volte gli attributi di un'entità non sono sufficienti a identificare univocamente le sue occorrenze
- Per es., in un DB degli studenti universitari italiani, due studenti iscritti a università diverse possono avere lo stesso numero di matricola

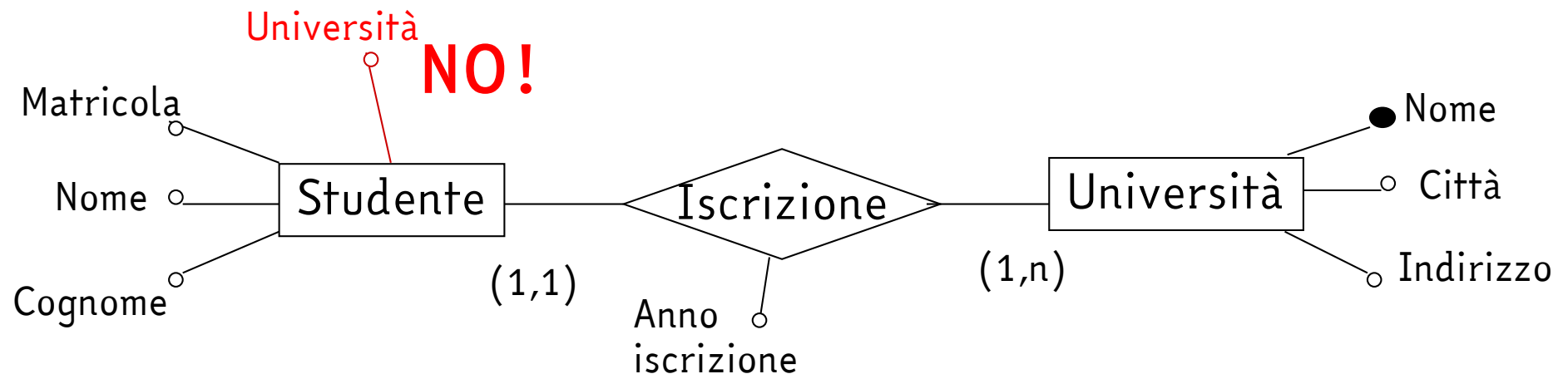
# Identificatori esterni

- In tale DB, per identificare univocamente uno studente serve, oltre al numero di matricola, anche l'università a cui è iscritto e tale informazione non è rappresentata da nessun attributo dell'entità Studente



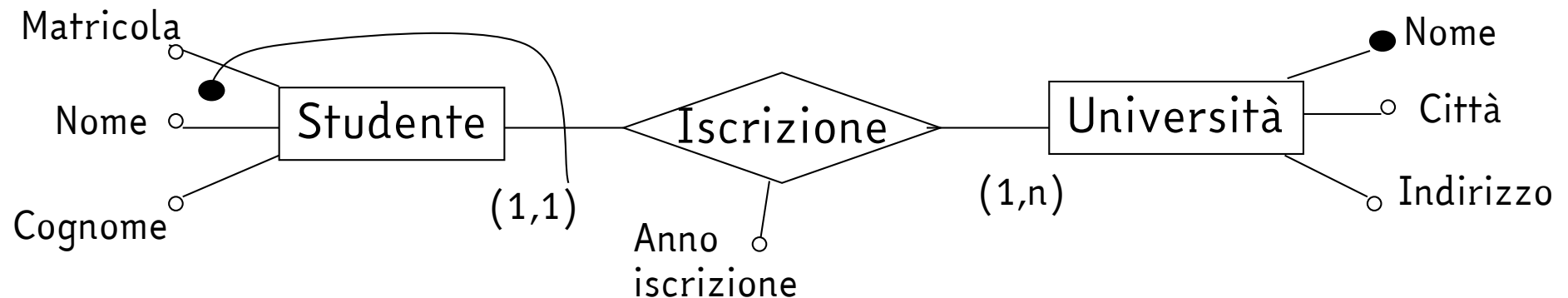
# Identificatori esterni

- Si noti che sarebbe **sbagliato** aggiungere all'entità *Studente* l'attributo *Università*: questa informazione è già rappresentata attraverso l'associazione *Iscrizione*



# Identificatori esterni

- Un identificatore corretto per l'entità Studente è costituito dall'attributo Matricola e dall'entità Università
- L'identificazione è quindi resa possibile attraverso l'attributo Matricola e l'associazione Iscrizione con Università



# Identificatori esterni

- In un *Identificatore esterno* l'identificazione di un'entità è ottenuta utilizzando altre entità (cioè tramite gli identificatori di altre entità)



## Osservazioni

- Ogni entità deve avere almeno un identificatore
- Ma un'entità può avere più identificatori alternativi
- Quindi il concetto di identificatore dell'ER è **diverso da quello di chiave primaria** del modello relazionale

# Cardinalità degli identificatori

- Generalmente le cardinalità degli attributi e associazioni coinvolte negli identificatori hanno cardinalità  $(1,1)$
- Ma, se ci sono più identificatori, possono avere cardinalità  $(0,1)$  tranne una, che deve avere cardinalità  $(1,1)$ .
- Le identificazioni esterne non devono generare cicli di identificazioni.

# Osservazioni

- Le associazioni possono avere identificatori?
- **No**: come abbiamo visto in precedenza, mentre le entità godono di esistenza autonoma, le associazioni non hanno esistenza autonoma: esprimono semplicemente il fatto che alcune occorrenze di entità sono legate tra di loro
- Ricordate che un'associazione è un sottoinsieme del prodotto cartesiano delle entità coinvolte

## Esercizio (1/2)

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono. Ogni sede può avere più dipartimenti mentre un dipartimento può appartenere a una sola sede
3. Ai dipartimenti afferiscono a partire da una certa data gli impiegati dell'azienda; ogni impiegato afferisce al massimo a un dipartimento

## Esercizio (2/2)

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data. Ogni impiegato può lavorare su più progetti
7. I progetti hanno nome, budget e data di consegna

# Procedimento

Occorre:

- Individuare le entità
- Individuare le associazioni
- Individuare gli attributi e stabilire le loro cardinalità
- Per ogni associazione, stabilire le cardinalità
- Per ogni entità, definire gli identificatori



*La definizione degli identificatori tiene conto delle cardinalità*

# Individuiamo le entità

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono. Ogni sede può avere più dipartimenti mentre un dipartimento può appartenere a una sola sede
3. Ai dipartimenti afferiscono a partire da una certa data gli impiegati dell'azienda; ogni impiegato afferisce al massimo a un dipartimento

## Individuiamo le entità

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data. Ogni impiegato può lavorare su più progetti
7. I progetti hanno nome, budget e data di consegna



# Individuiamo le associazioni

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, [...]
3. Ai dipartimenti afferiscono [...] gli impiegati dell'azienda
4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato [...]
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati [...]
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data[...]
7. I progetti hanno nome, budget e data di consegna

# Entità e associazioni

- Entità (4)

*Sede, dipartimento, impiegato, progetto*

- Associazioni (4)

*composto da, afferisce, dirige, partecipa*

- Attributi, cardinalità, identificatori

*li inseriremo in corso d'opera*

# Svolgimento

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

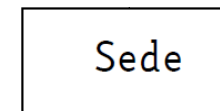
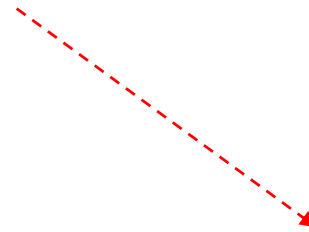
1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città

*Rappresentiamo l'entità nello schema  
E-R*



# Schema E-R

*Entità ancora senza  
attributi*



# Svolgimento

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

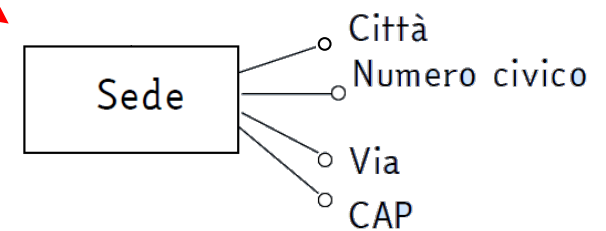
1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città



*Rappresentiamo gli attributi dell'entità*

# Schema E-R

*Entità con  
attributi*



# Svolgimento

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

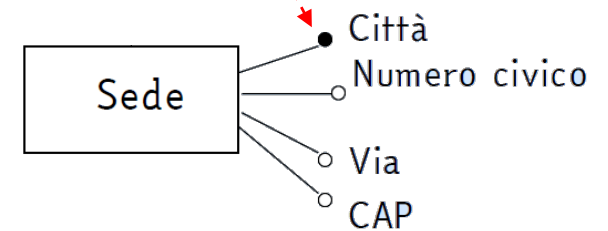
1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città



*Attributo città (es: via, civico, CAP)  
identifica univocamente Sede*

# Schema E-R

*Attributo città  
promosso a  
identificatore*





# Svolgimento

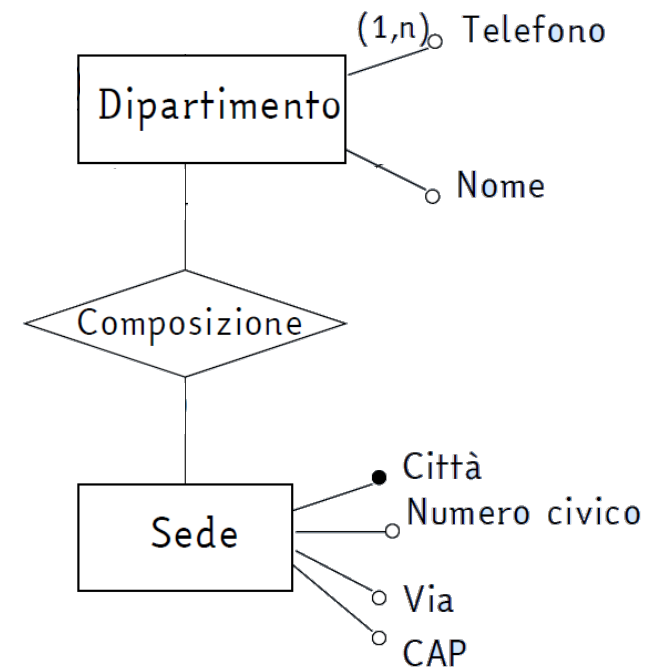
Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono.

*Entità Dipartimento*  
*Associazione Composizione*

*Attributi di Dipartimento*

# Schema E-R



# Svolgimento

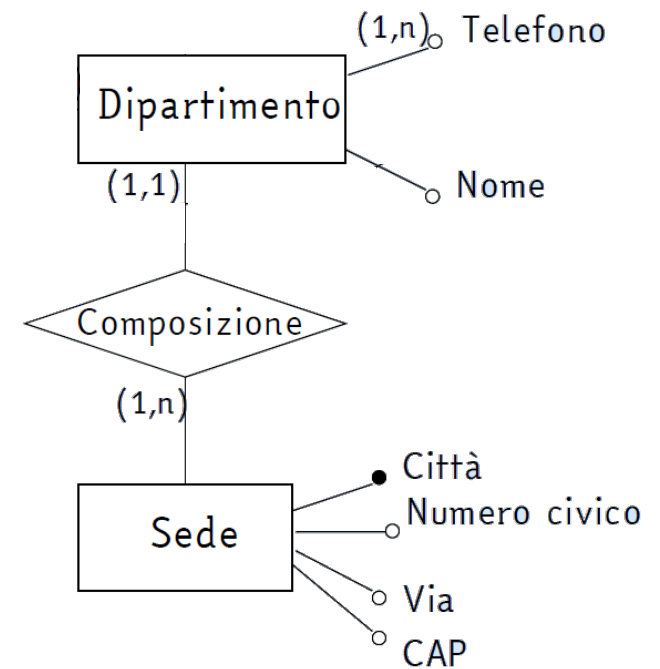
Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono. Ogni sede può avere più dipartimenti mentre un dipartimento può appartenere a una sola sede

Cardinalità  
*Sede-Composizione*  
(1,n)

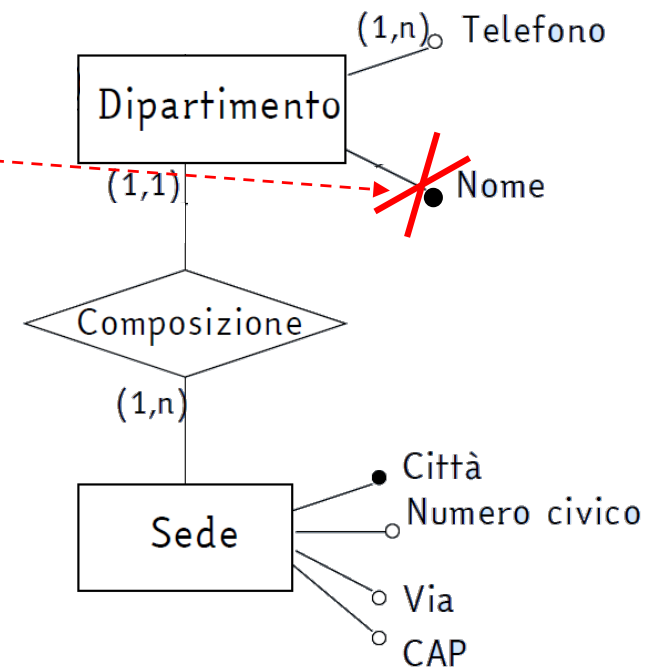
Cardinalità  
*Dipartimento-Composizione*  
(1,1)

# Schema E-R



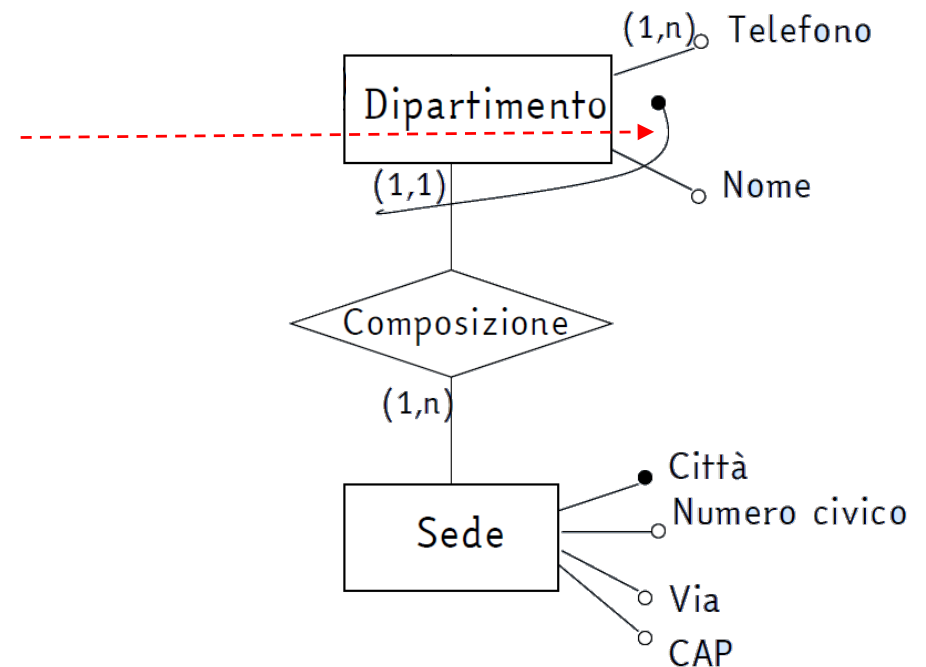
# Schema E-R

*Errore identificare Dipartimento  
tramite attributo interno Nome  
(potrebbero esserci dipartimenti  
con lo stesso nome in altre sedi)*



# Schema E-R

*Identificatore esterno su*  
Dipartimento(Nome)  
*e*  
Composizione

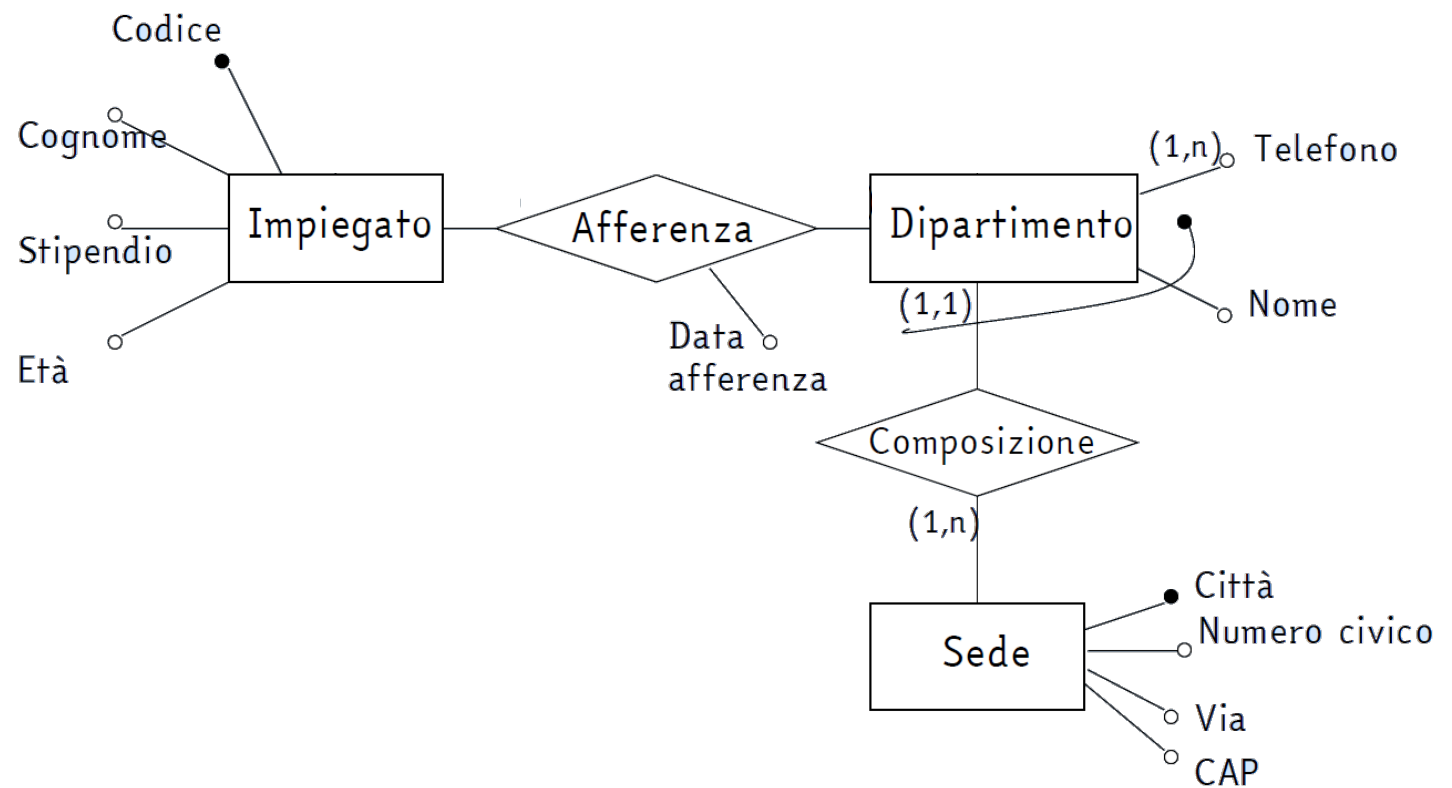


# Svolgimento

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono. Ogni sede può avere più dipartimenti mentre un dipartimento può appartenere a una sola sede
3. Ai dipartimenti afferiscono a partire da una certa data gli impiegati dell'azienda; ogni impiegato afferisce al massimo a un dipartimento

# Schema E-R



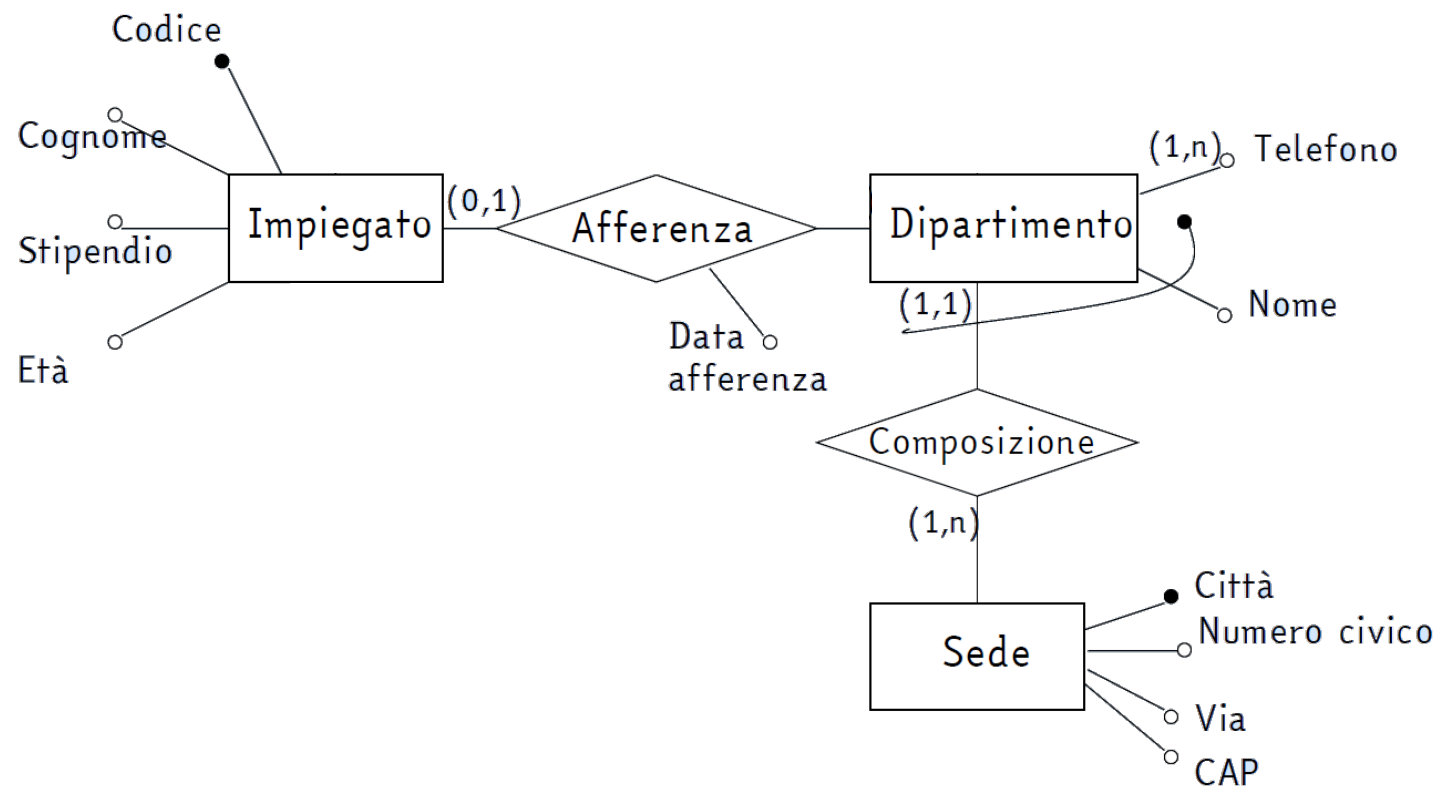


# Svolgimento

Disegnare un ER che rappresenti le seguenti informazioni:

1. Azienda con diverse sedi di cui rappresentiamo indirizzo e città; c'è una sola sede per ogni città
2. Ogni sede è organizzata in dipartimenti che hanno nome, indirizzo e numero di telefono. Ogni sede può avere più dipartimenti mentre un dipartimento può appartenere a una sola sede
3. Ai dipartimenti afferiscono a partire da una certa data gli impiegati dell'azienda; ogni impiegato afferisce al massimo a un dipartimento

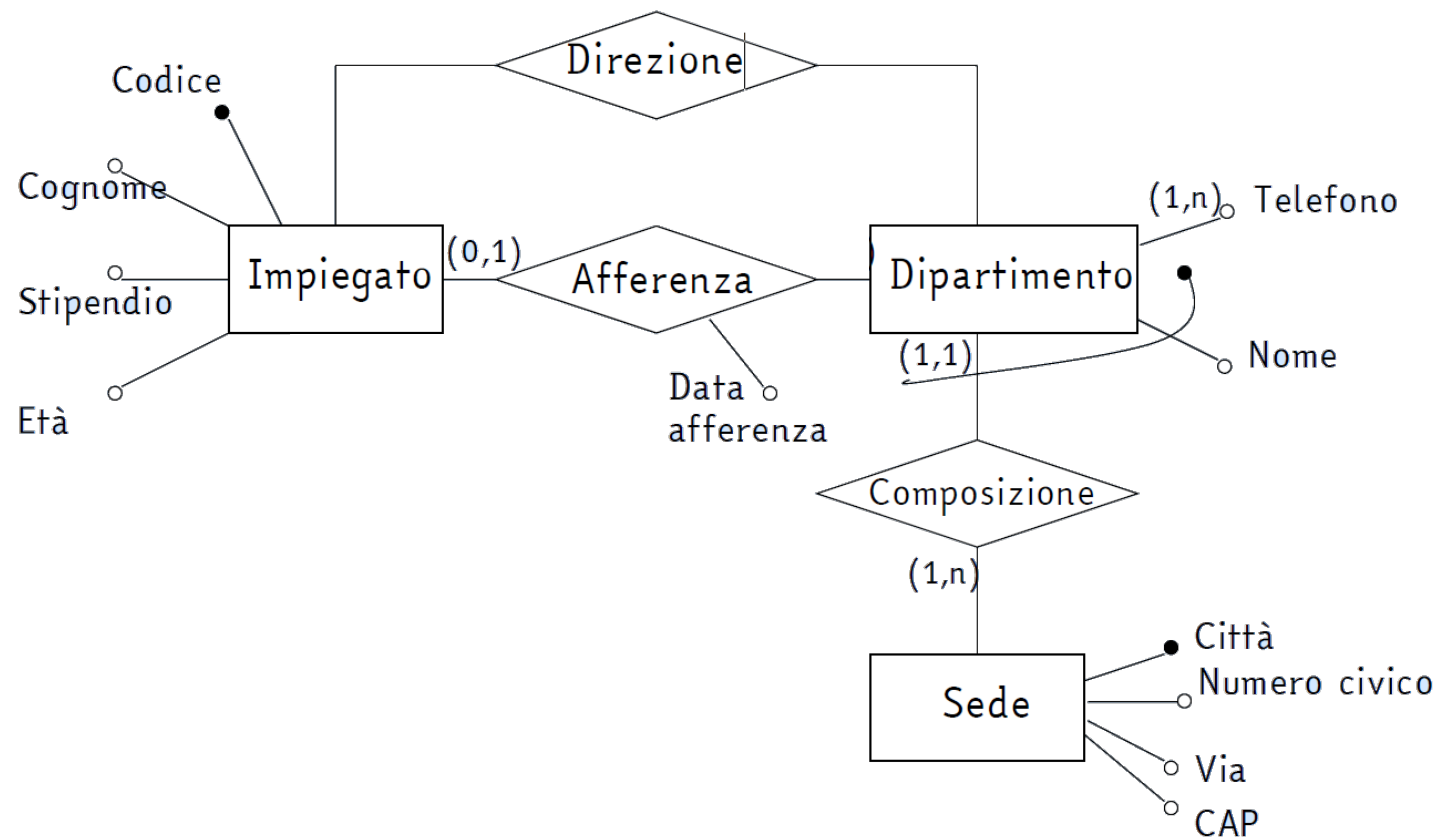
# Schema E-R



# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento

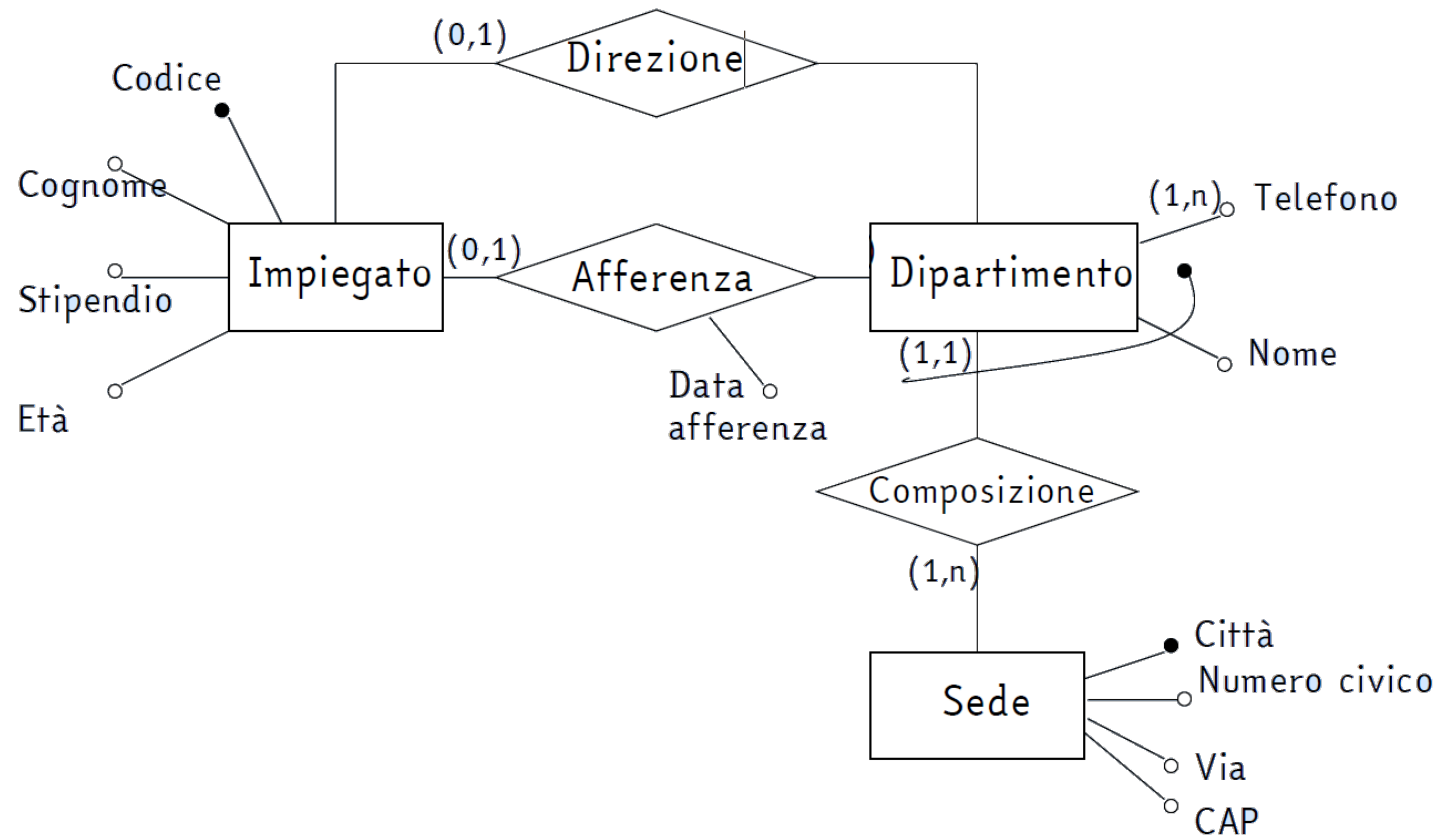
# Schema E-R



# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento

# Schema E-R

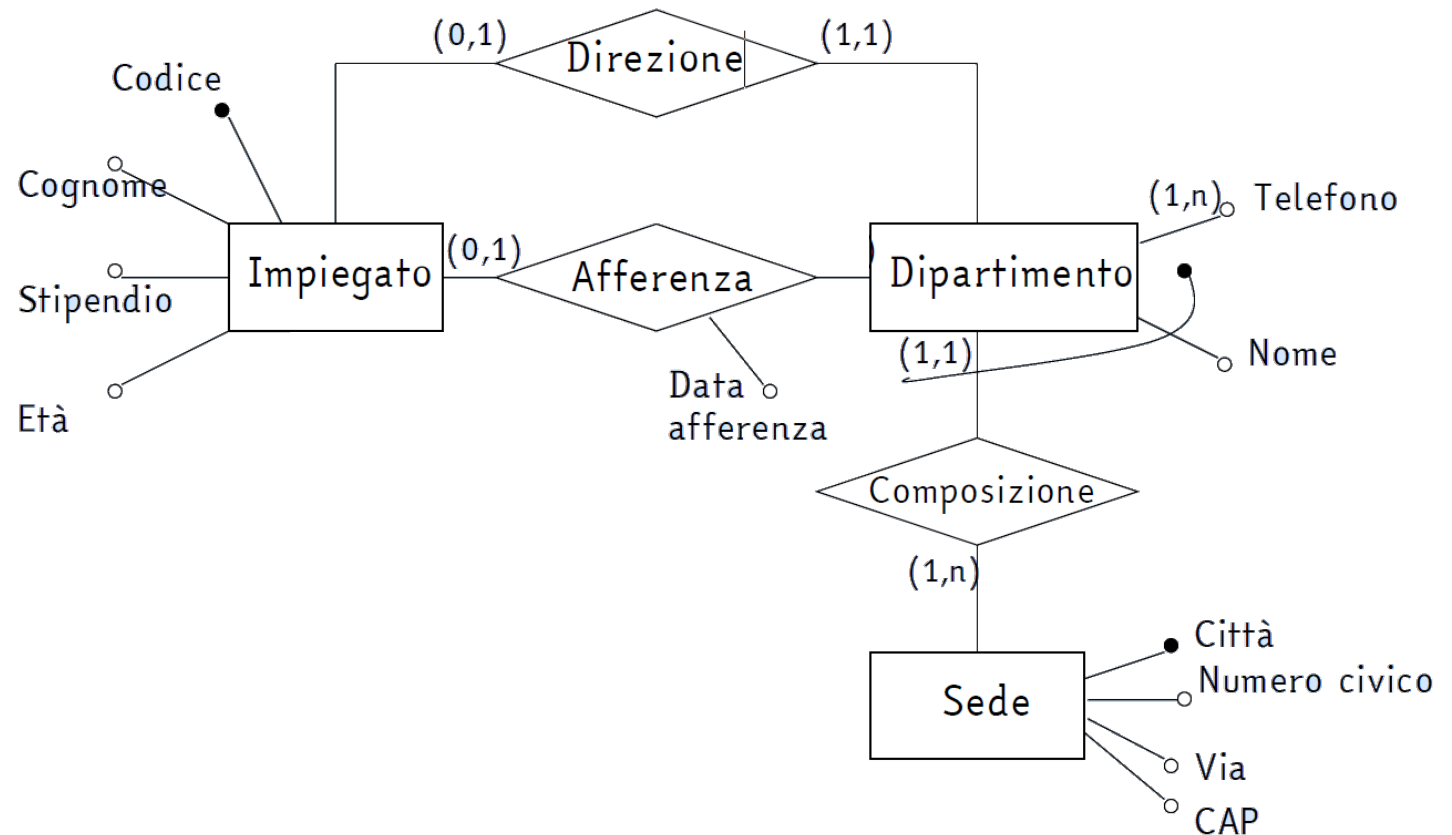


# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento

5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono

# Schema E-R



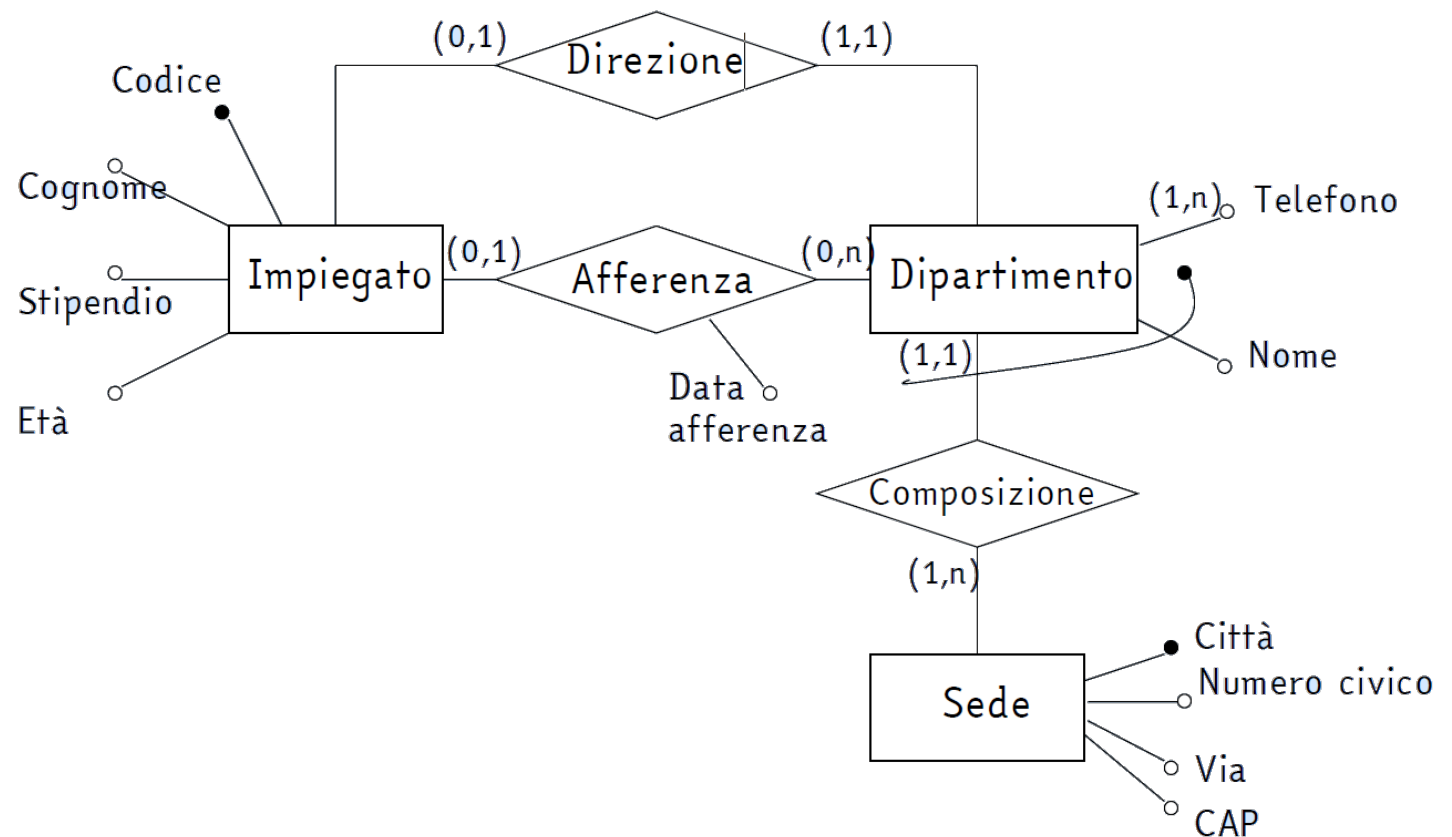


# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento

5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono

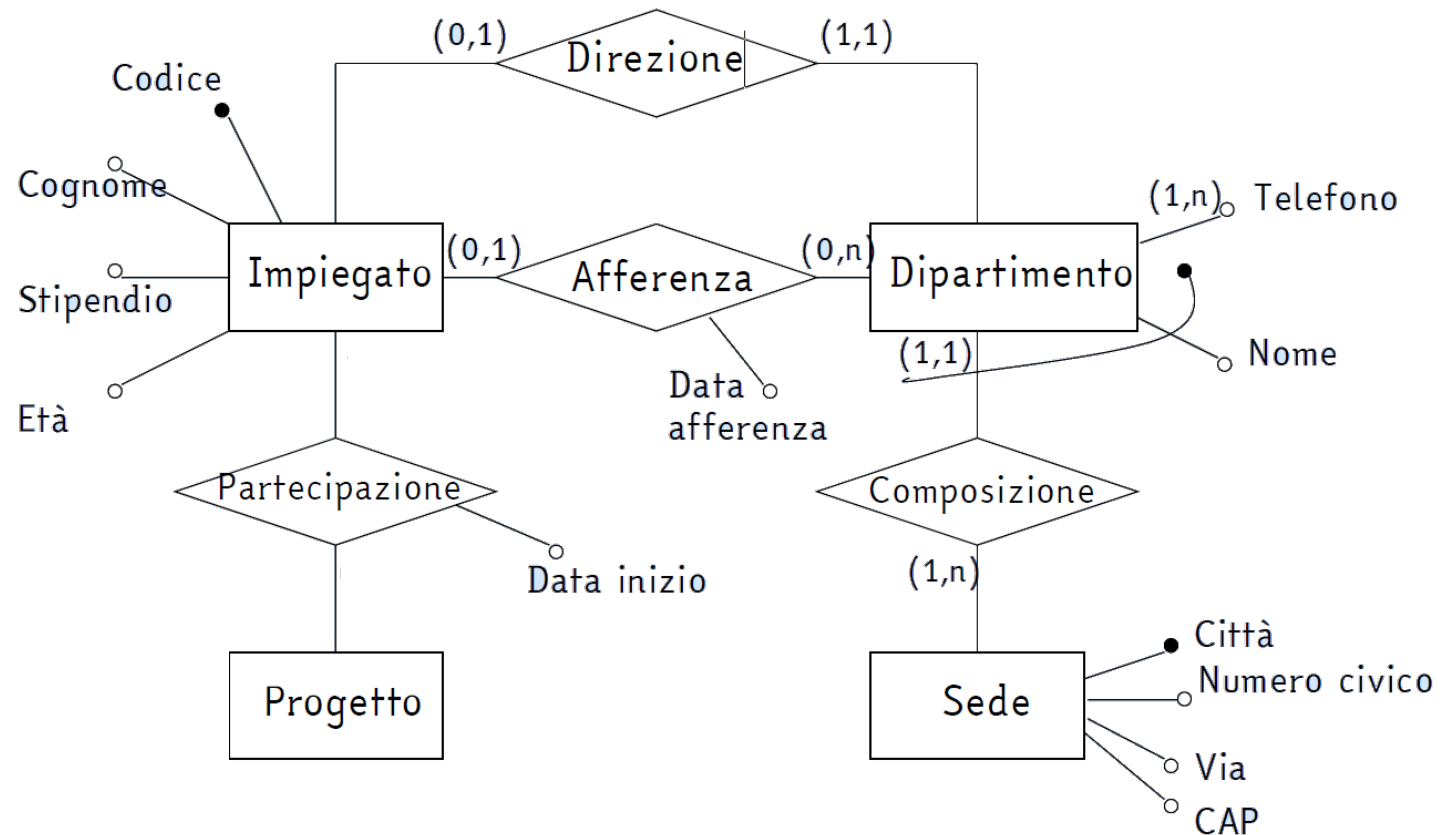
# Schema E-R



# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data. Ogni impiegato può lavorare su più progetti

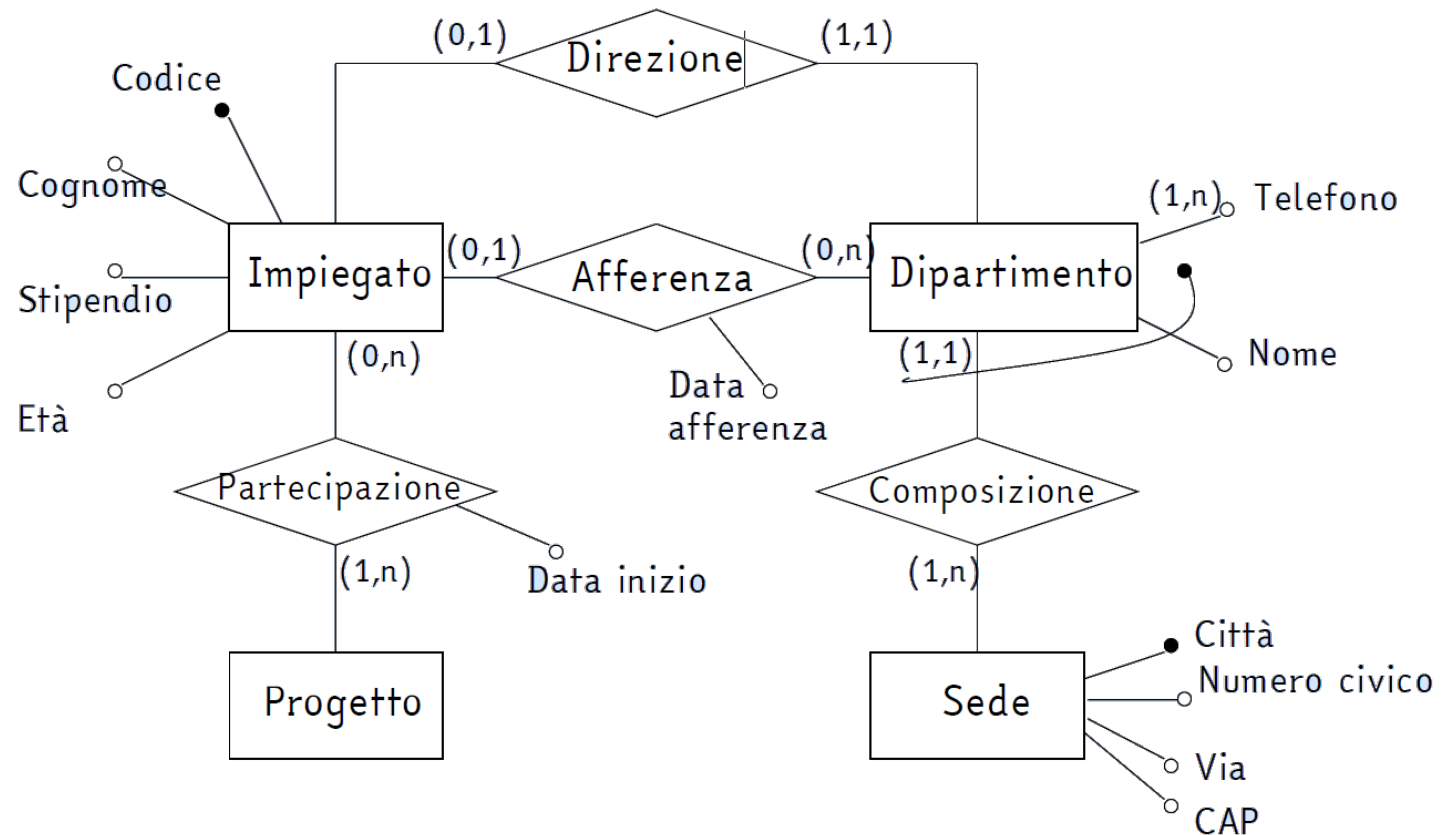
# Schema E-R



# Svolgimento

4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data. Ogni impiegato può lavorare su più progetti

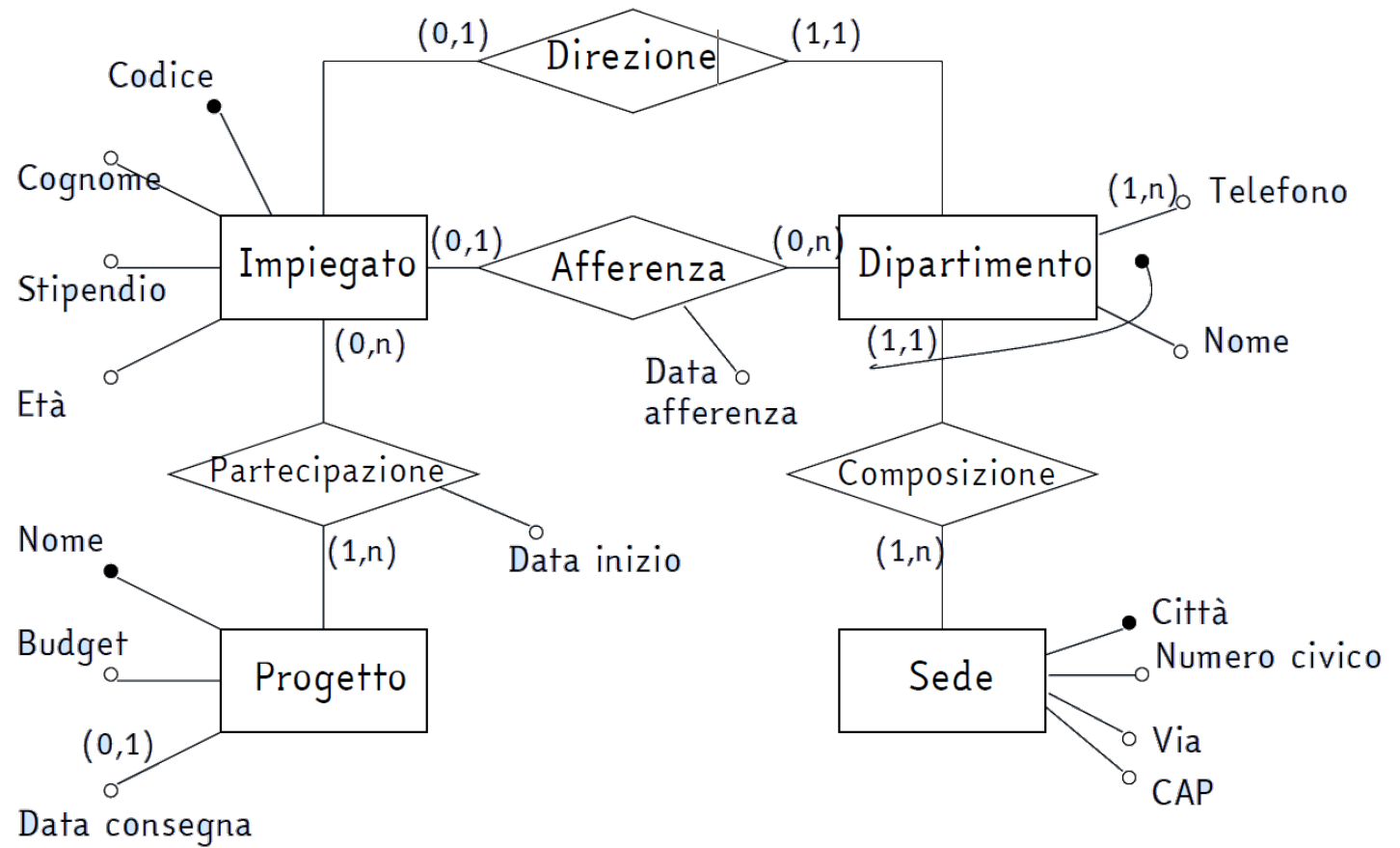
# Schema E-R



# Svolgimento

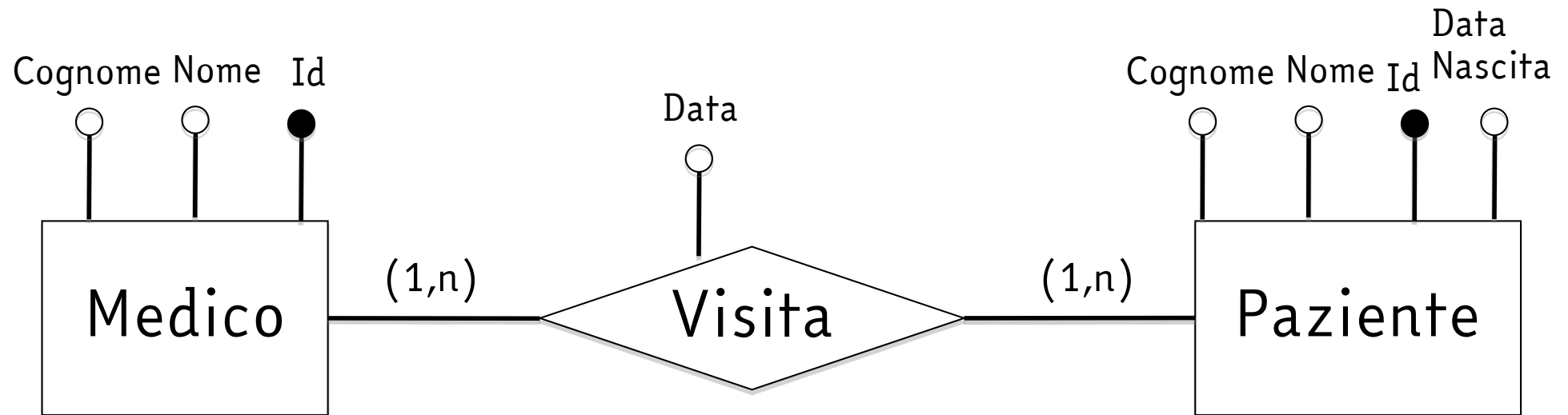
4. Alcuni impiegati dirigono i dipartimenti, ogni impiegato può dirigere al massimo un dipartimento
5. Ogni dipartimento ha un direttore e può non avere impiegati che vi afferiscono
6. Gli impiegati lavorano su progetti a partire da una certa data. Ogni impiegato può lavorare su più progetti
7. I progetti hanno nome, budget e data di consegna

# Schema E-R



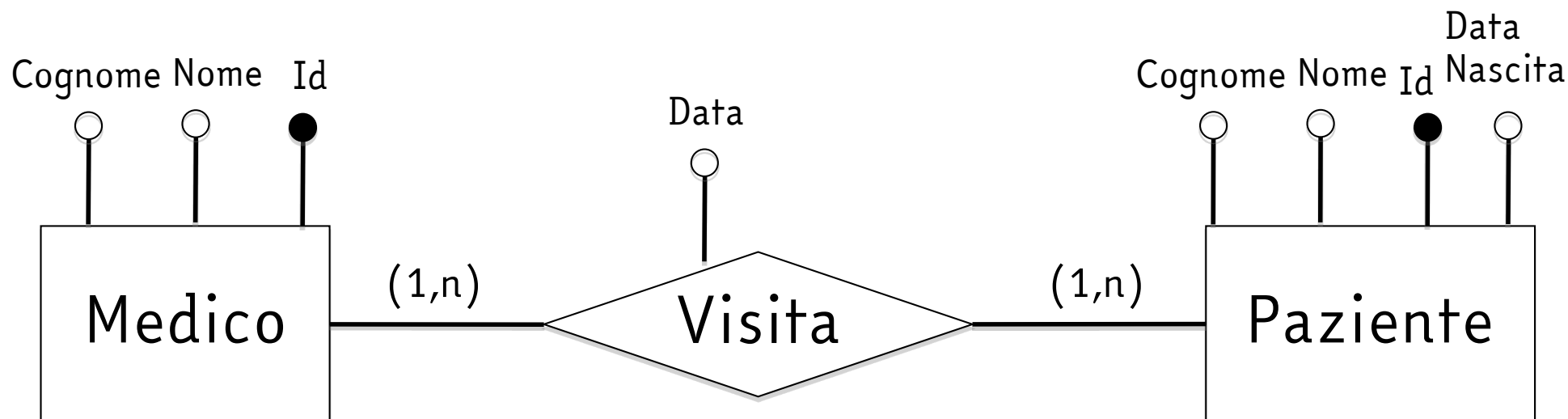


# Considerazioni sul modello ER



Un medico può visitare un paziente più volte?

# Considerazioni sul modello ER

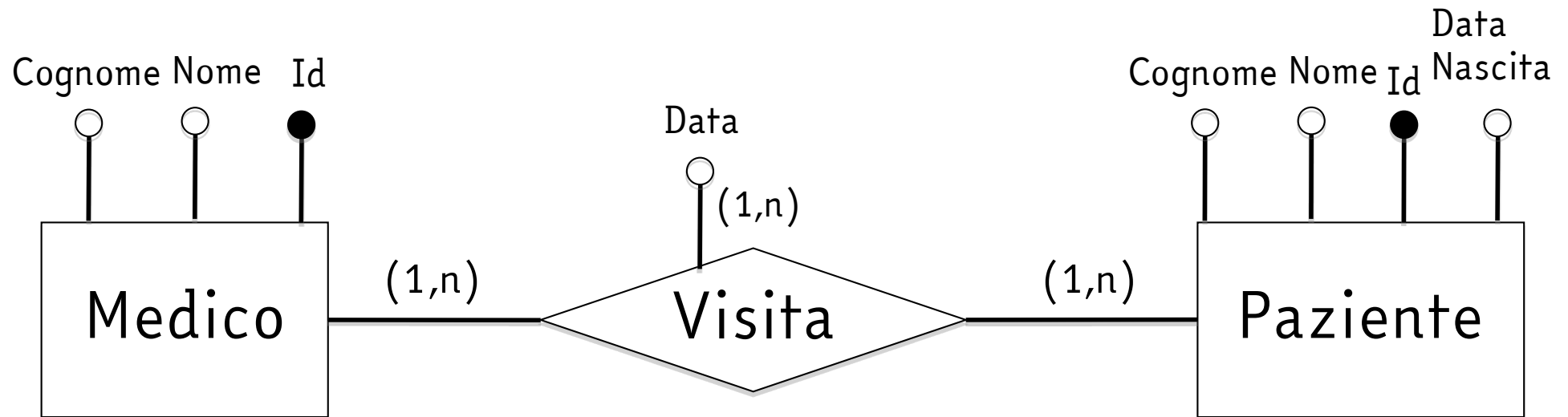


Un medico può visitare un paziente più volte?

No: un'occorrenza dell'associazione Visita mette in relazione un'occorrenza di Medico con un'occorrenza di Paziente e associa una data, ma non è possibile ripetere l'occorrenza per lo stesso medico e paziente:  $\{(\text{Medico1}, \text{Paziente1}), (\text{Medico1}, \text{Paziente1}), \dots\}$

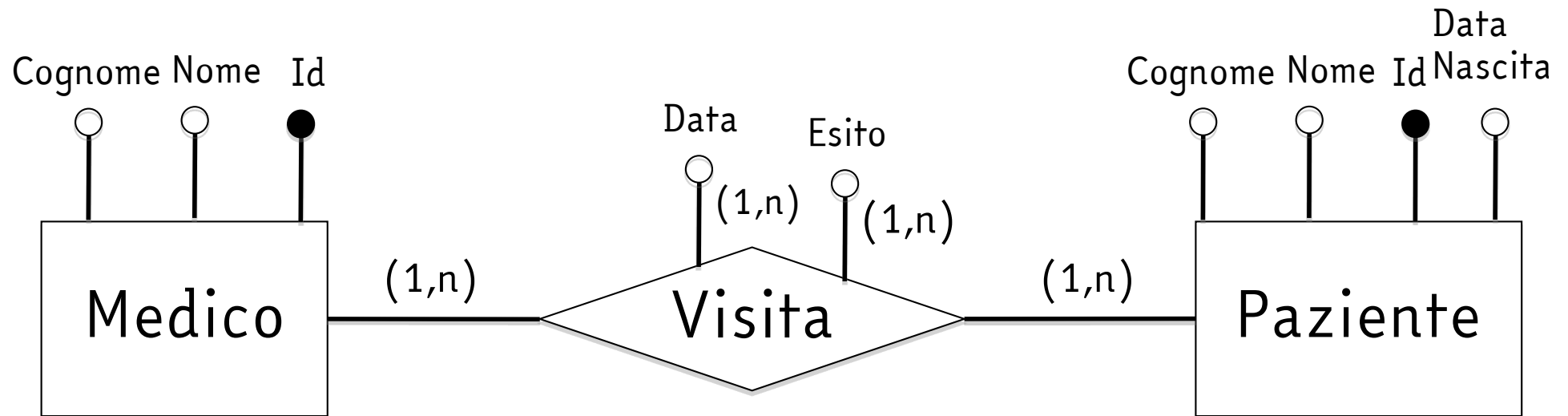
In realtà lo schema rappresenta l'associazione tra pazienti e medici che se ne prendono carico

# Considerazioni sul modello ER



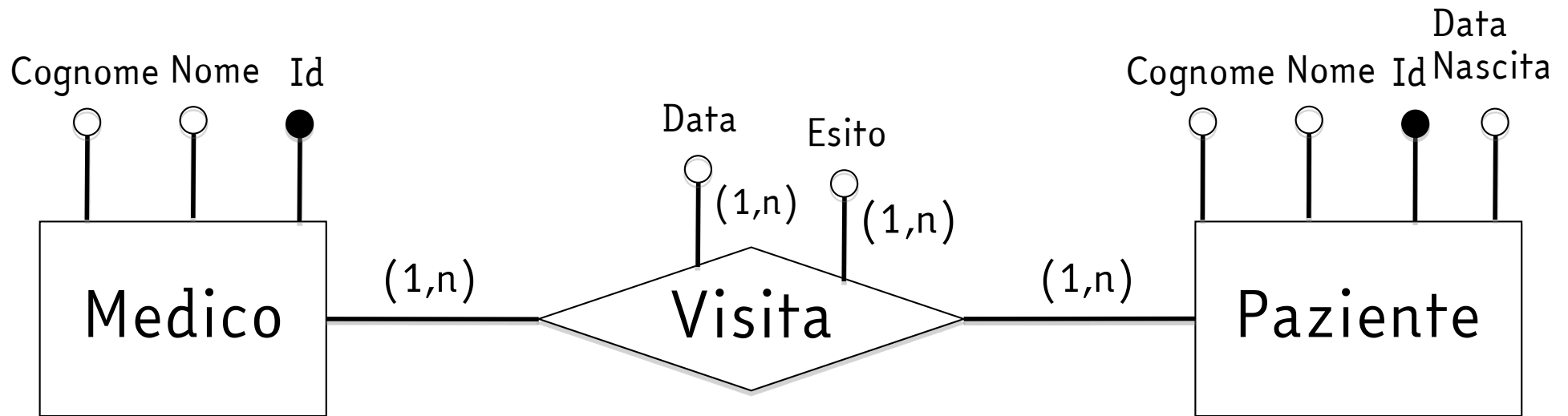
Una possibile soluzione: attributo multivalore per Data: ogni coppia (medico, paziente) che partecipa all'associazione ha più date associate

# Considerazioni sul modello ER



Volendo modellare anche l'esito di una visita lo schema ER qui sopra è adatto?

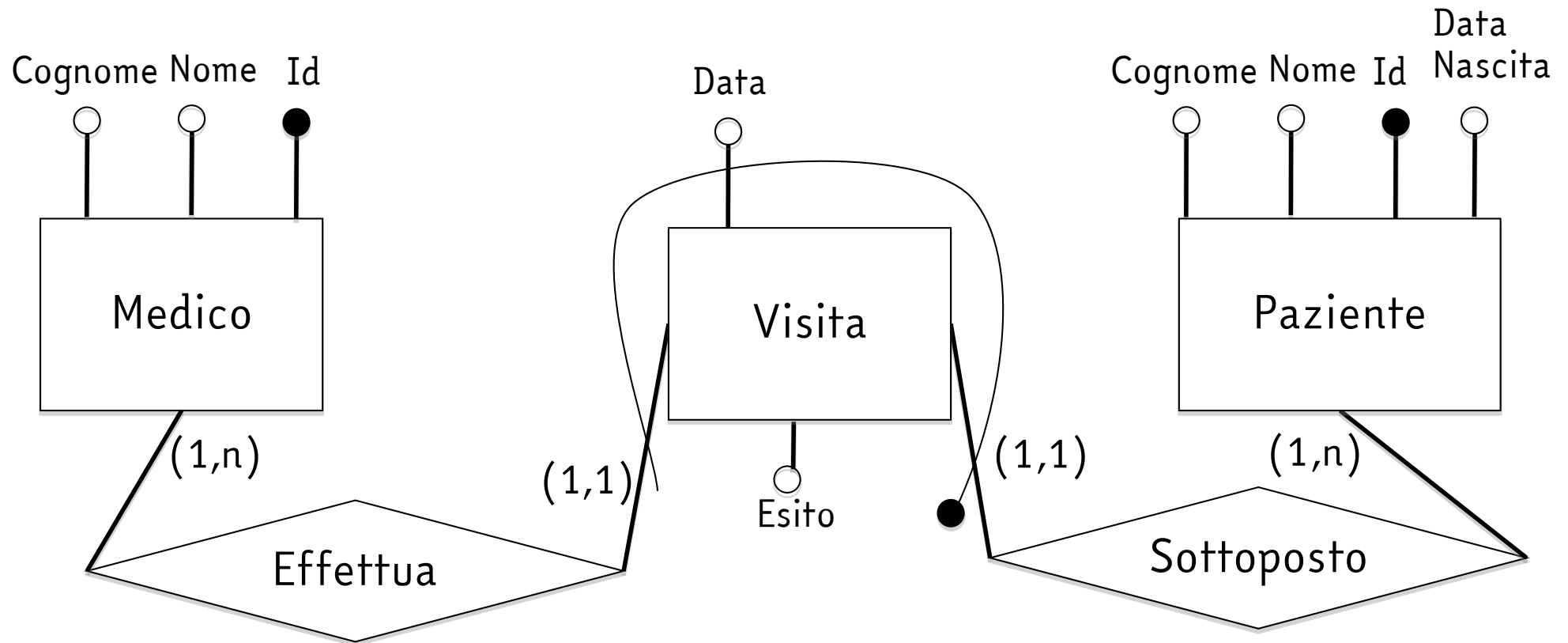
# Considerazioni sul modello ER



Volendo modellare anche l'esito di una visita lo schema ER qui sopra è adatto?

No: a ogni coppia (medico, paziente) che partecipa all'associazione corrisponde un insieme di date e un insieme di esiti, ma non si tiene traccia della corrispondenza tra la data in cui una visita viene effettuata e il relativo esito

# Considerazioni sul modello ER



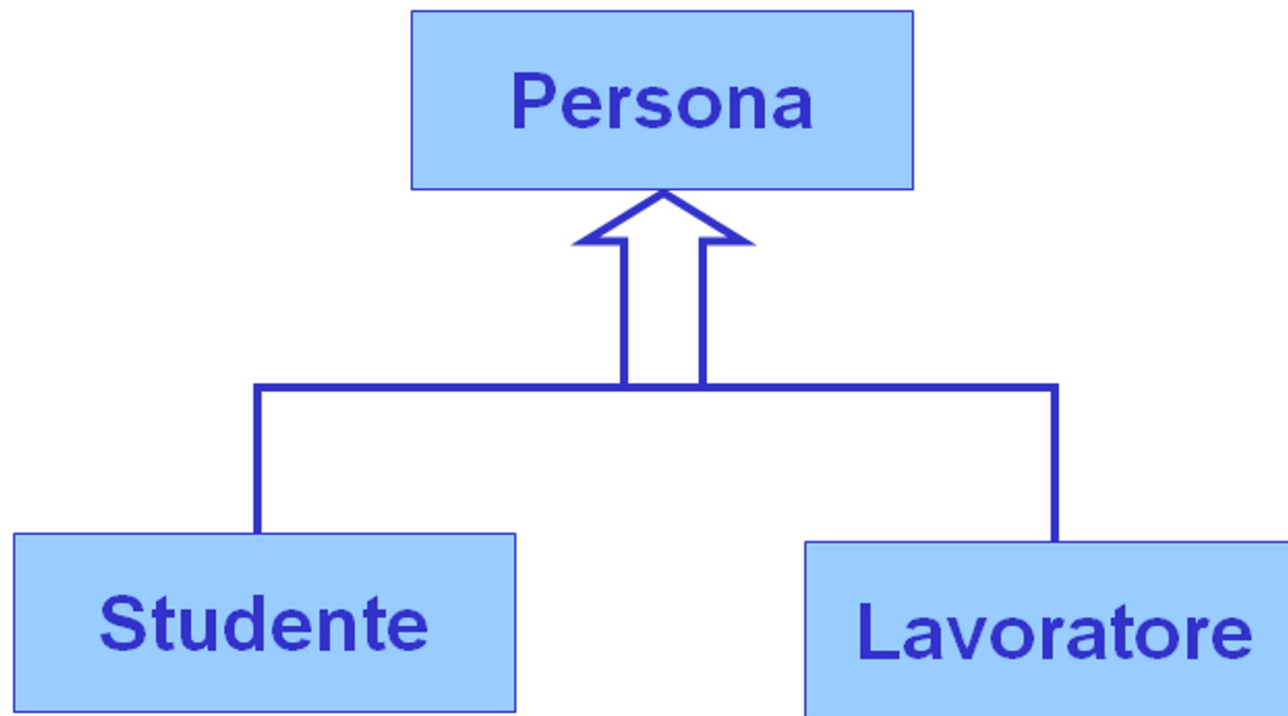
Soluzione migliore: trasformare Visita in un'entità

# Generalizzazione

Mette in relazione una o più entità  $E_1, E_2, \dots, E_n$  con una entità  $E$ , che le comprende come casi particolari:

- $E$  è **generalizzazione** di  $E_1, E_2, \dots, E_n$
- $E_1, E_2, \dots, E_n$  sono **specializzazioni** di  $E$

# Rappresentazione grafica

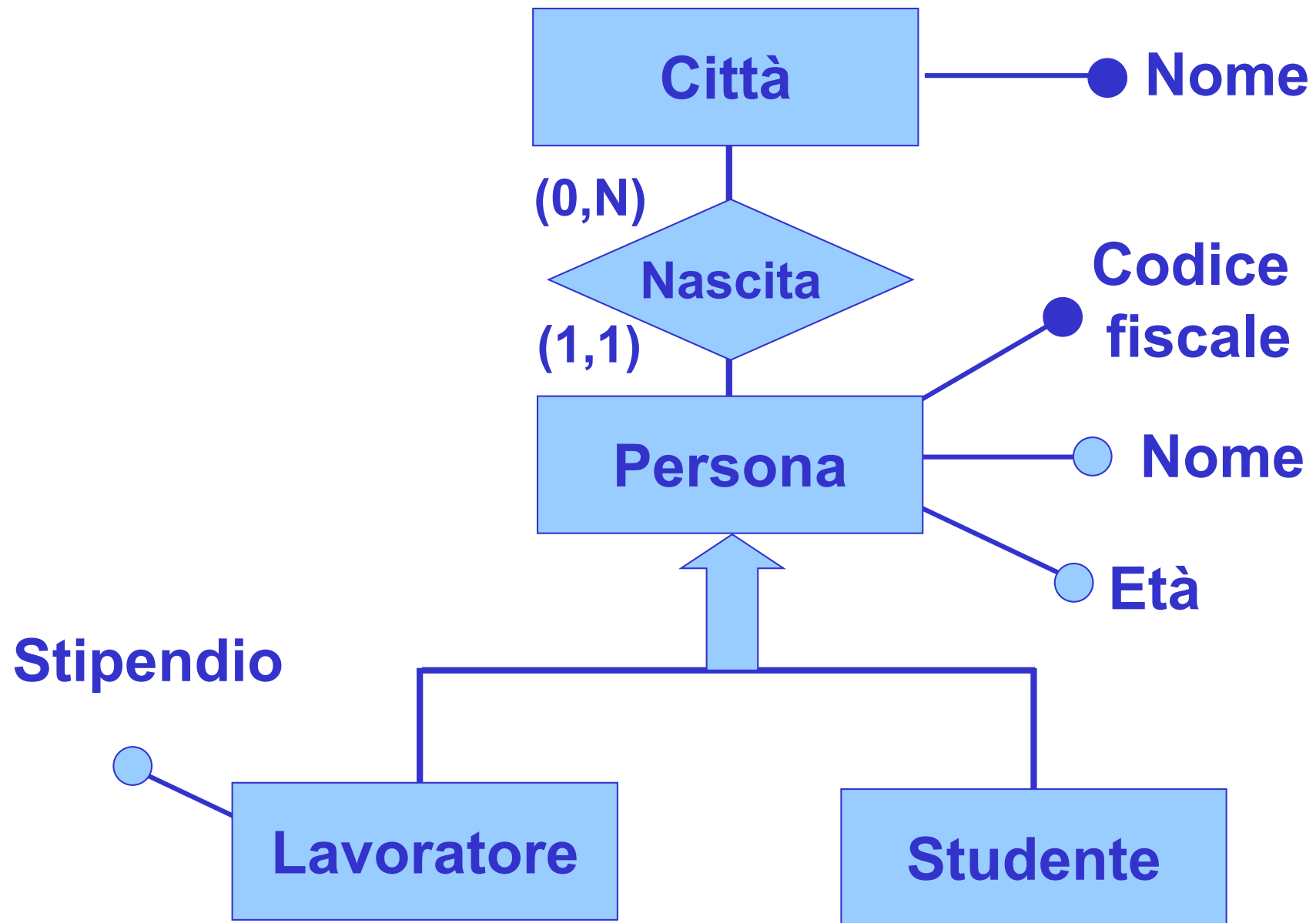




# Proprietà delle generalizzazioni

Se  $E$  (entità genitore) è generalizzazione di  $E_1, E_2, \dots, E_n$  (entità figlie):

- ogni occorrenza di  $E_1, E_2, \dots, E_n$  è anche un'occorrenza di  $E$
- ogni proprietà di  $E$  (attributi, associazioni, altre generalizzazioni) è anche una proprietà di  $E_1, E_2, \dots, E_n$  per ereditarietà (e non viene rappresentata esplicitamente)



# Classificazione delle generalizzazioni

Secondo due dimensioni:

## Totale/parziale:

Totale sse ogni occorrenza dell'entità genitore è occorrenza di (almeno) una delle entità figlie, altrimenti è parziale

## Esclusiva/sovrapposta:

Esclusiva sse ogni occorrenza dell'entità genitore è occorrenza di *al più una* delle entità figlie, altrimenti è sovrapposta

# Classificazione delle generalizzazioni

Più formalmente, considerando un'entità come insieme delle sue occorrenze, una generalizzazione è:

**Totale** sse l'unione delle entità figlie è uguale all'entità genitore

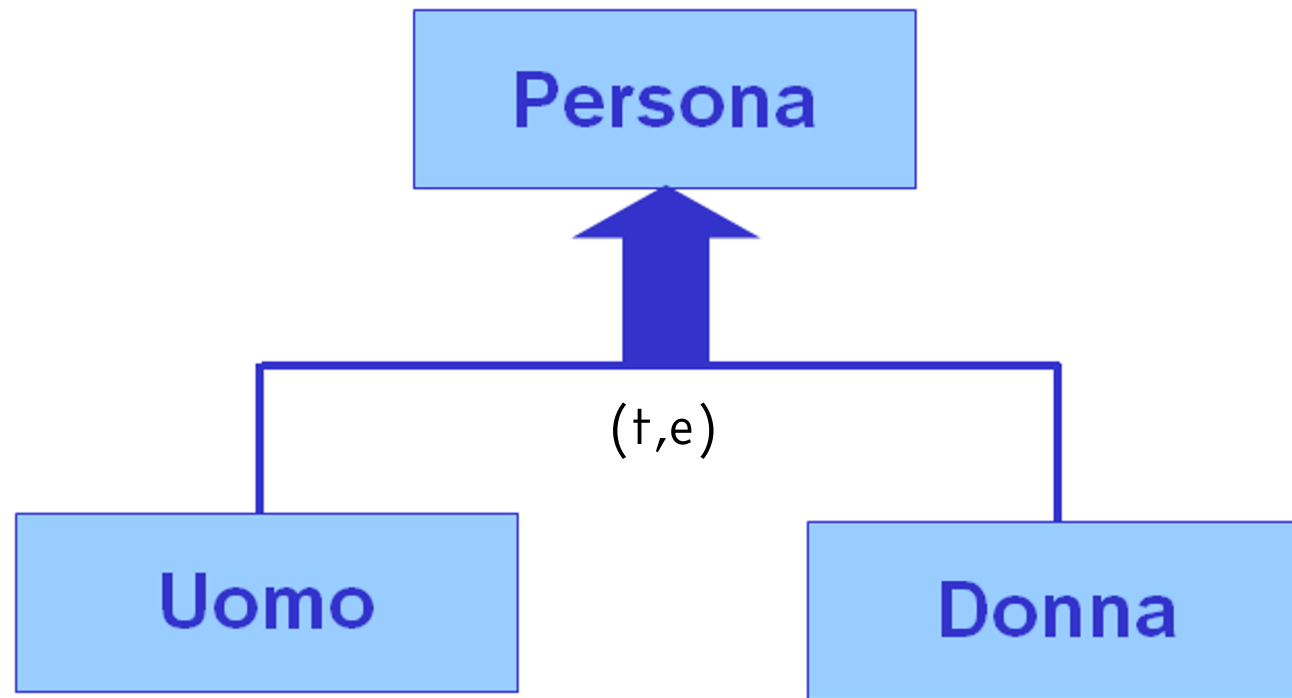
**Parziale** altrimenti

**Esclusiva** sse le entità figlie sono disgiunte a coppie

**Sovrapposta** altrimenti

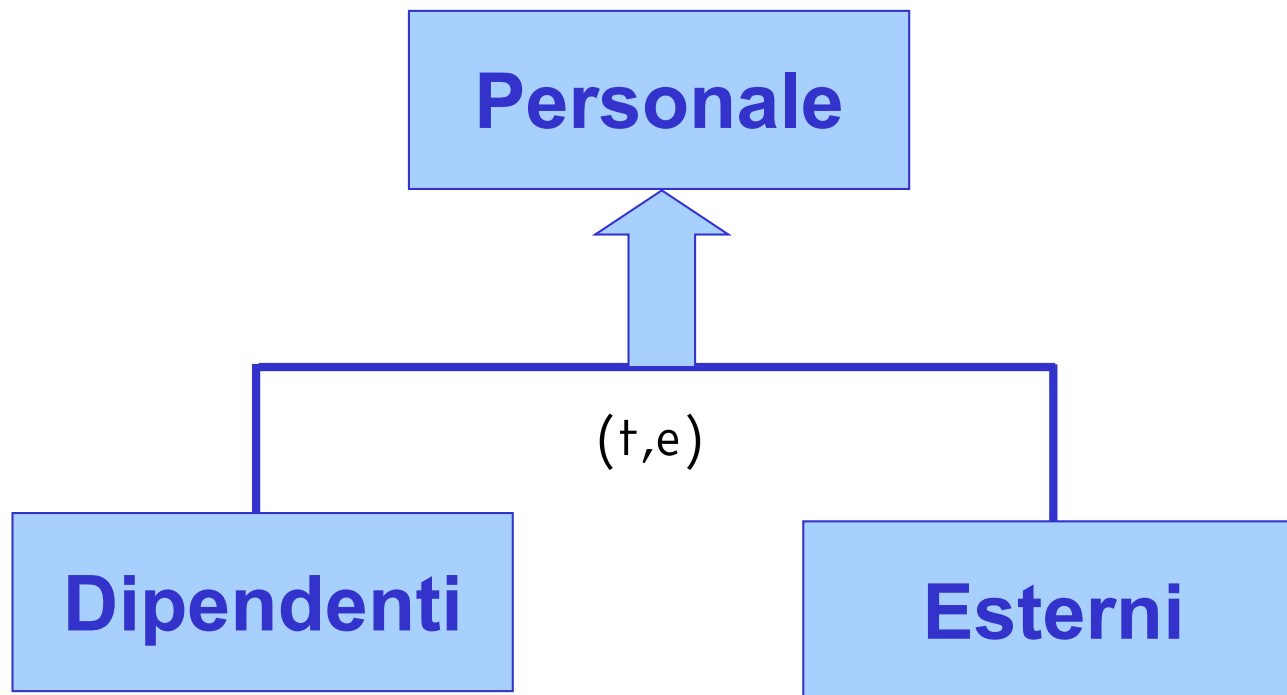
Quindi in una generalizzazione totale/esclusiva i figli sono una partizione del genitore.

# Generalizzazione totale ed esclusiva

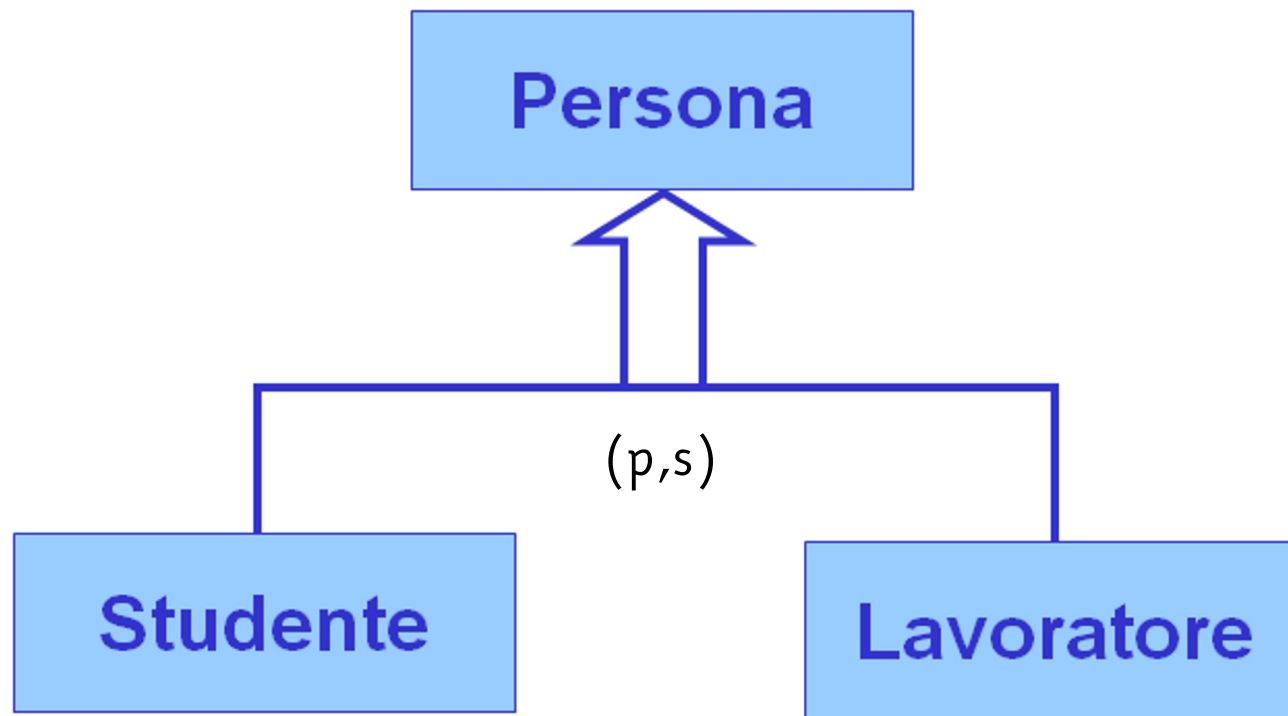


È sempre vero che è  $(t,e)$ ? Pensiamo a cosa vogliamo modellare (anagrafe/studio di genere)

# Generalizzazione totale ed esclusiva

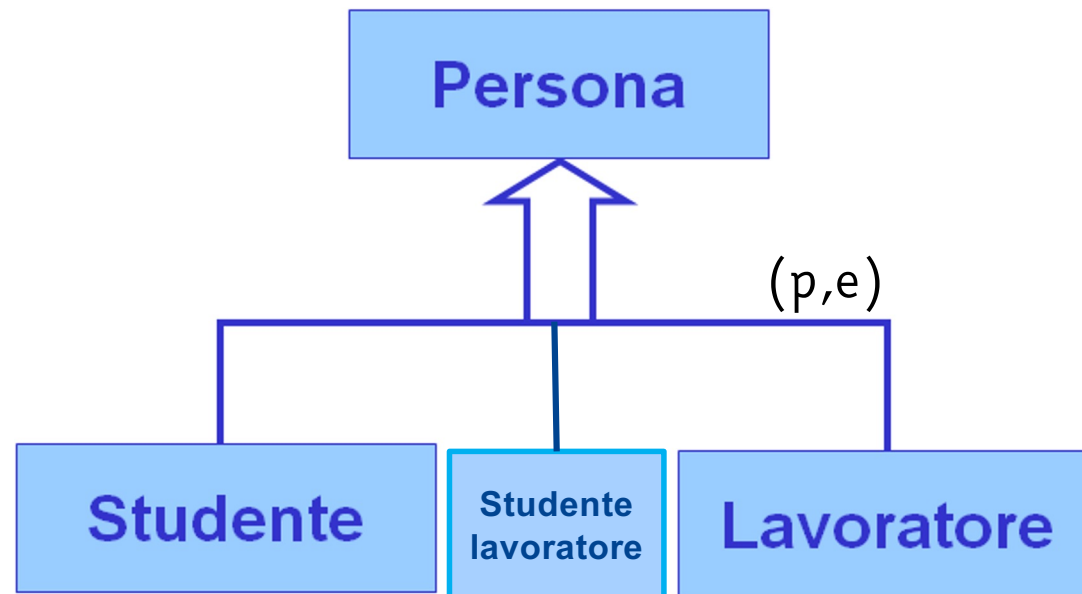


# Generalizzazione parziale e sovrapposta



# Osservazioni

- Una generalizzazione sovrapposta può essere trasformata in una generalizzazione esclusiva aggiungendo entità figlie che rappresentano le “intersezioni”





# Osservazioni

- Possono esistere generalizzazioni a più livelli e multiple generalizzazioni allo stesso livello
- Un'entità può essere inclusa in più generalizzazioni, come genitore e/o come figlia
- Le generalizzazioni non possono avere cicli
- Se una generalizzazione ha solo un'entità figlia si parla di **sottoinsieme**

## Esercizio (1/2)

Disegnare uno schema ER che rappresenta le seguenti informazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Procedimento

Occorre:

- Individuare le entità
- Individuare le associazioni
- Individuare gli attributi e stabilire le loro cardinalità
- Per ogni associazione, stabilire le cardinalità
- Per ogni entità, definire gli identificatori

*Tipo è un'entità o un attributo?  
Dipende dall'importanza del concetto  
nel sistema. In un DB sui veicoli lo  
possiamo considerare importante*

## Individuiamo le entità

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Individuiamo gli attributi

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Individuiamo le associazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Individuiamo le cardinalità

*Un solo tipo per veicolo*

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Entità e associazioni

- Entità (2)

*Veicolo* (numero telaio, colore), *Tipo di veicolo* (nome, cilindrata)

- Associazioni (1)

[*Veicolo*] (1,1) <Appartiene al tipo> (1,N) [*Tipo veicolo*]



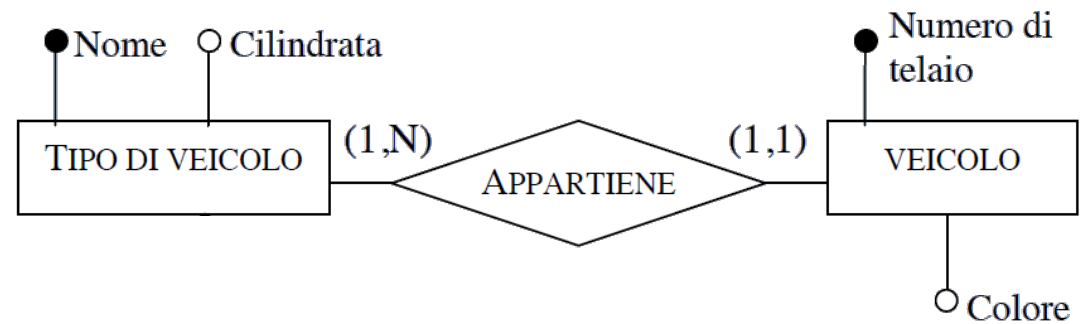
# Individuiamo gli identificatori

*Identifica il  
veicolo*

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

*Identifica il tipo*

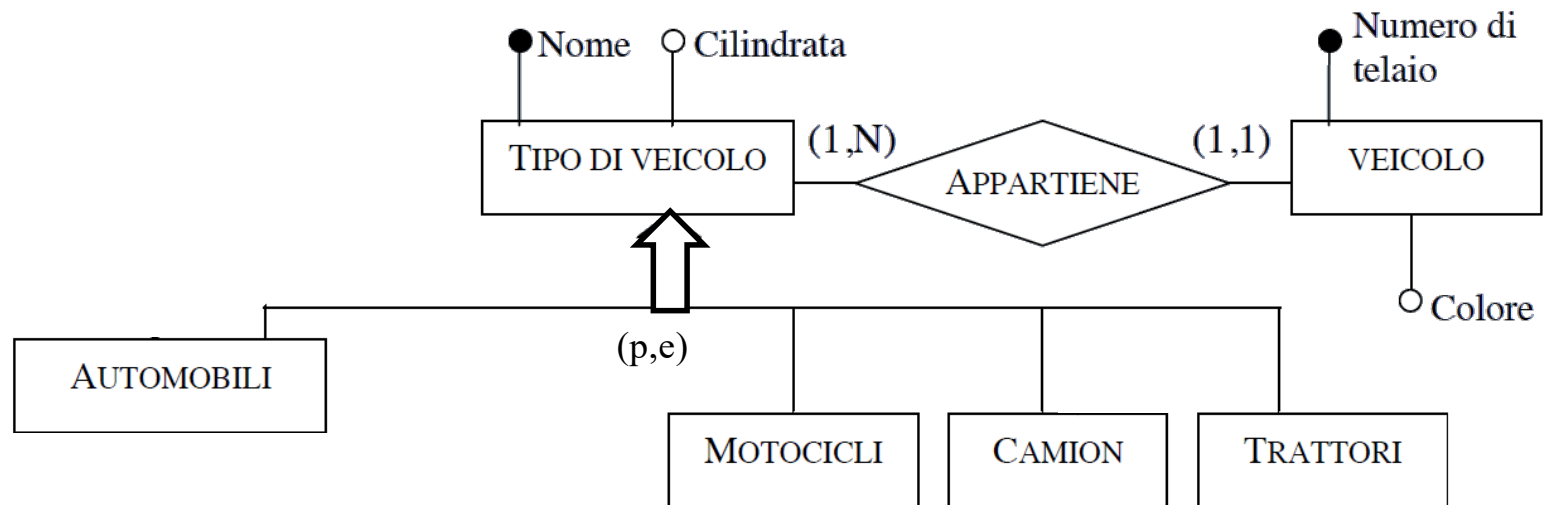
# Schema E-R



# Individuiamo le generalizzazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori

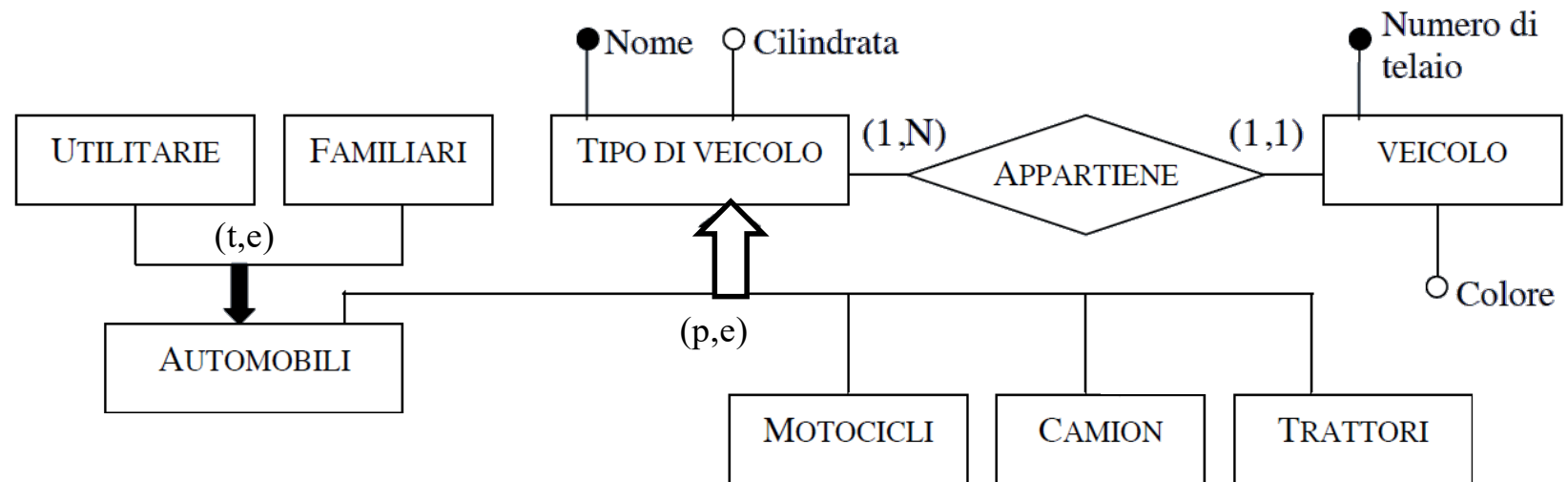
# Schema E-R



# Individuiamo le generalizzazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata

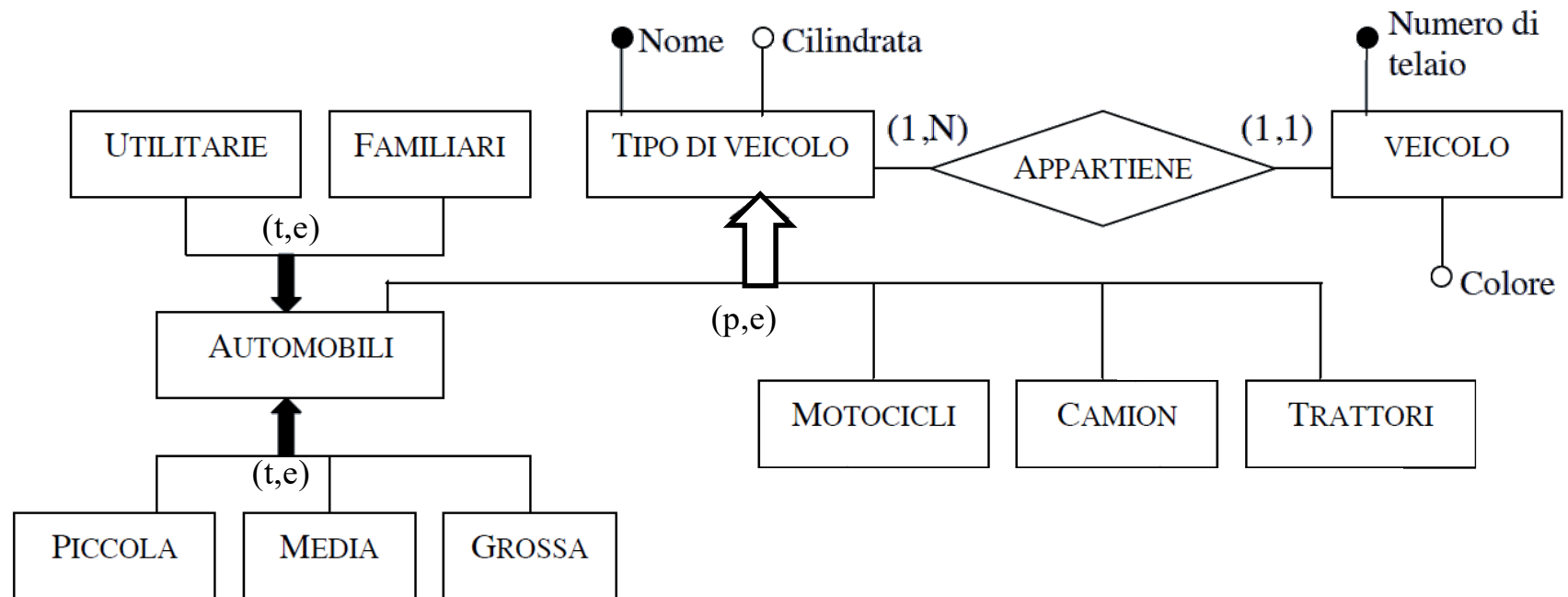
# Schema E-R



# Individuiamo le generalizzazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata

# Schema E-R

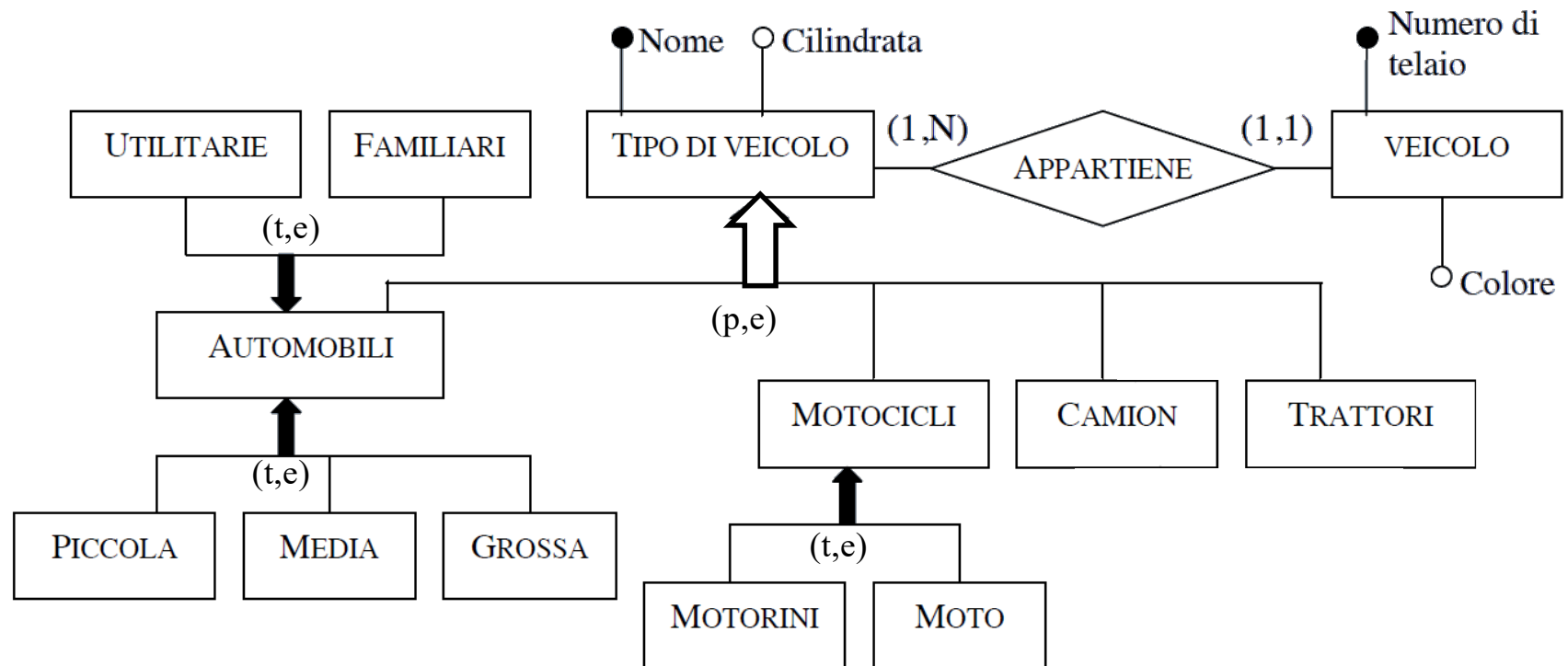




# Individuiamo le generalizzazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto

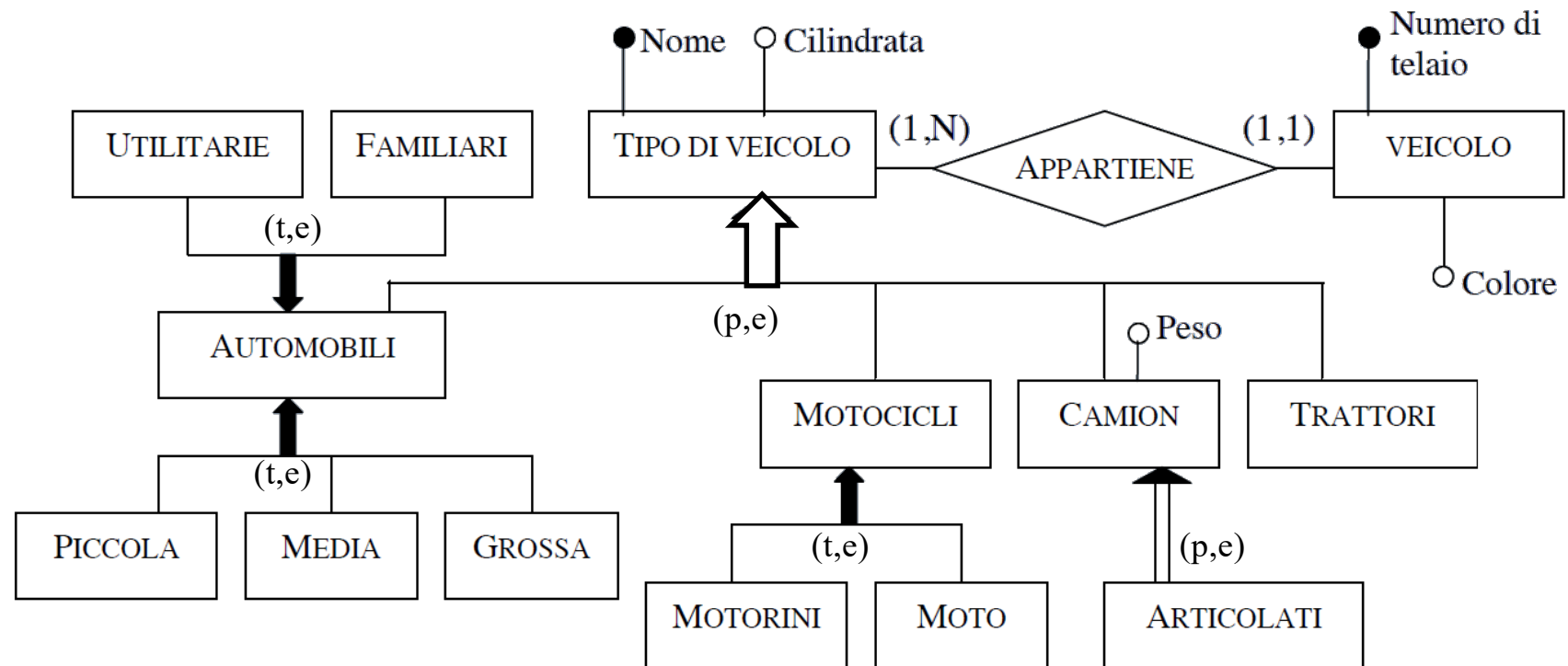
# Schema E-R



# Individuiamo le generalizzazioni

1. Un veicolo è identificato da un numero di telaio, ha un colore e può essere di un certo tipo
2. Un tipo di veicolo ha un nome (per esempio, Punto) e una cilindrata
3. I tipi possibili sono: automobili, motocicli, camion e trattori
4. Le automobili si suddividono in utilitarie e familiari e possono essere classificate anche in base alla cilindrata: piccola, media e grossa cilindrata
5. I motocicli si suddividono in motorini e moto
6. I camion hanno un peso e alcuni sono autoarticolati

# Schema E-R




## Esercizio (2/2)

7. Una persona, identificata dal codice fiscale, può possedere dei veicoli


*Entità*



*Identificatore*

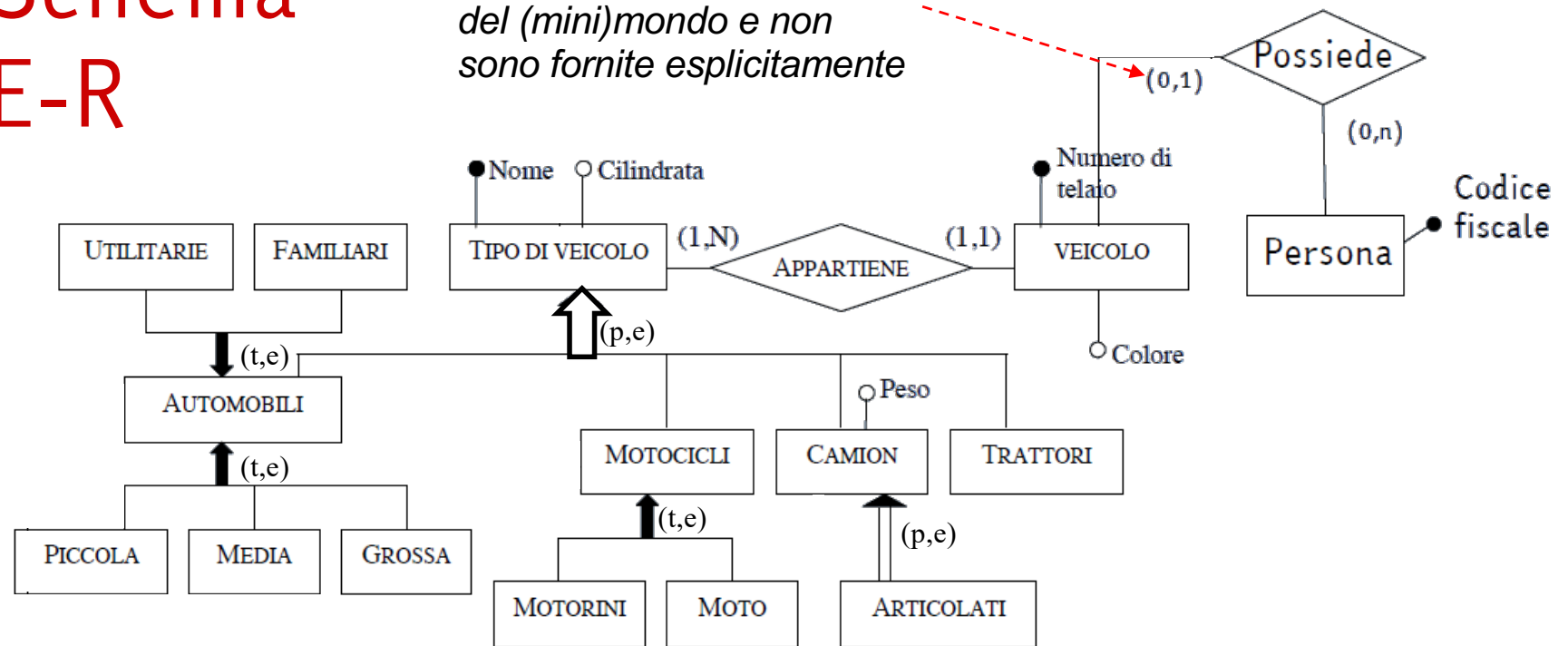


*Associazione*



# Schema E-R

*Alcune informazioni derivano dalla conoscenza del (mini)mondo e non sono fornite esplicitamente*



## Esercizio (2/2)

7. Una persona, identificata dal codice fiscale, può possedere dei veicoli

8. Solo un guidatore, che ha una patente, può guidare (un veicolo)

*Generalizzazione*

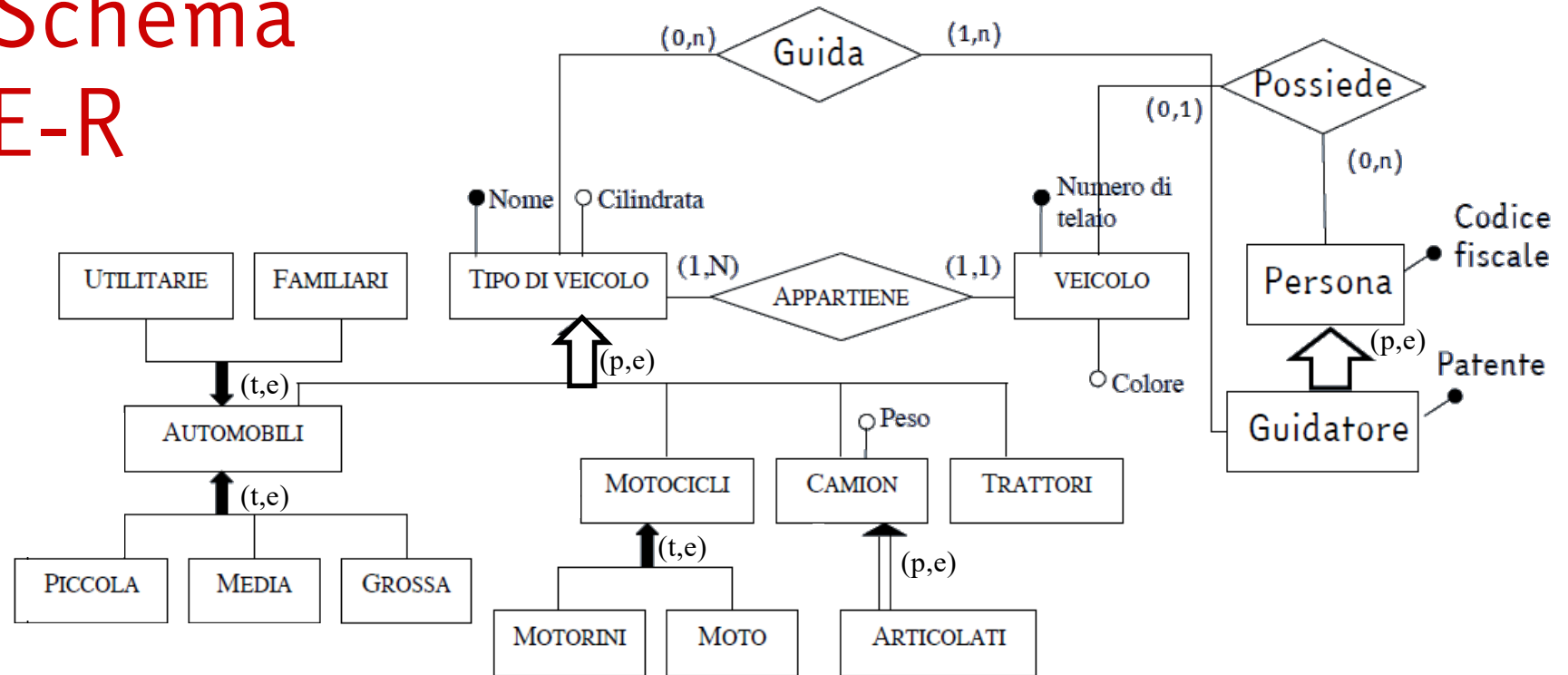


The diagram consists of three red dashed arrows pointing upwards from labels to specific terms in sentence 8. The first arrow, labeled 'Generalizzazione', points from 'guidatore' to 'guidatore'. The second arrow, labeled 'Identificatore', points from 'che ha una patente' to 'che ha una patente'. The third arrow, labeled 'Associazione', points from 'guidare' to 'guidare'.

*Identificatore*

*Associazione*

# Schema E-R





## Esercizio (2/2)

7. Una persona, identificata dal codice fiscale, può possedere dei veicoli

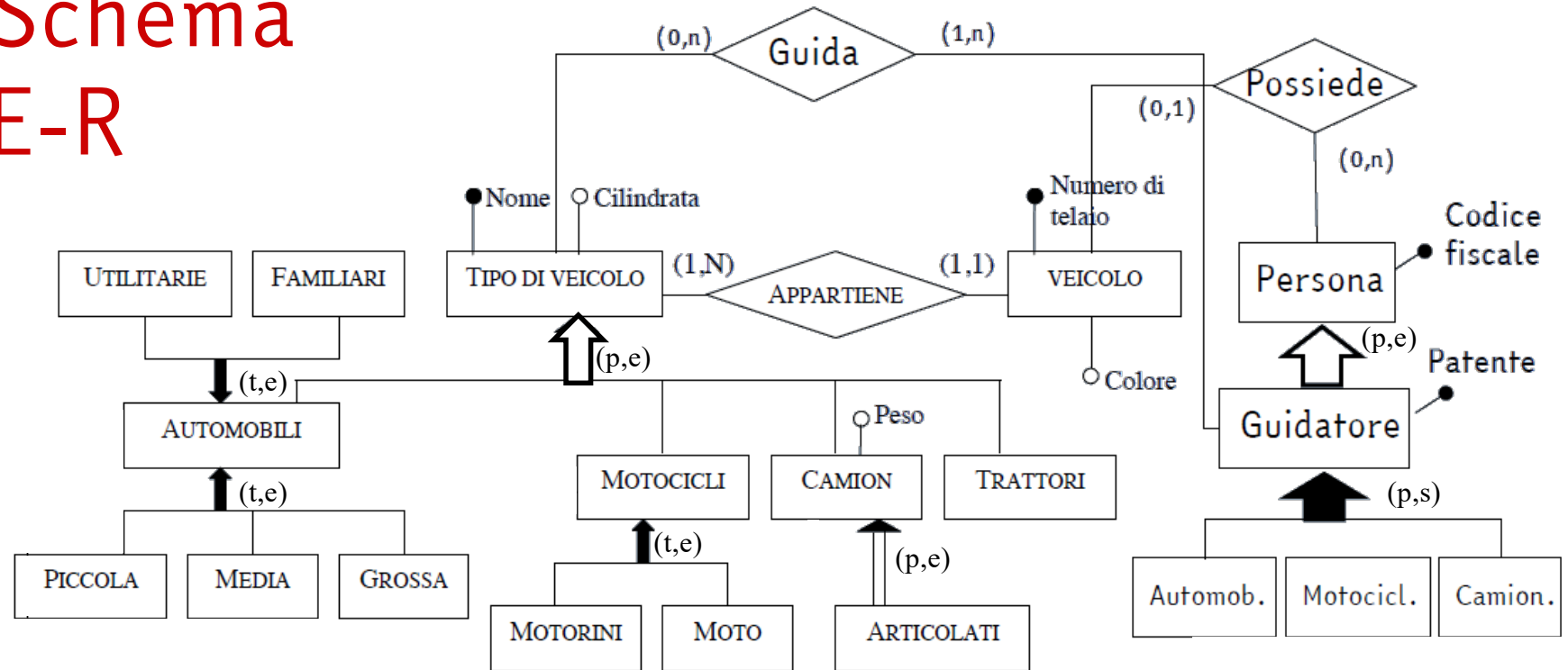
8. Solo un guidatore, che ha una patente, può guidare (un veicolo)

9. Un automobilista può guidare automobili, un motociclista può guidare motocicli, un camionista (può guidare) camion

*Associazioni*



# Schema E-R

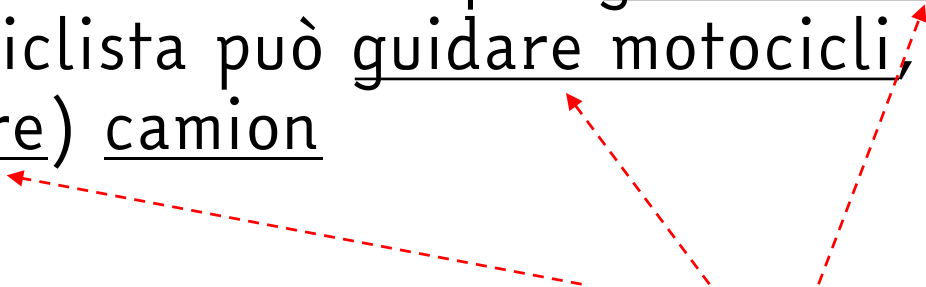


## Esercizio (2/2)

7. Una persona, identificata dal codice fiscale, può possedere dei veicoli

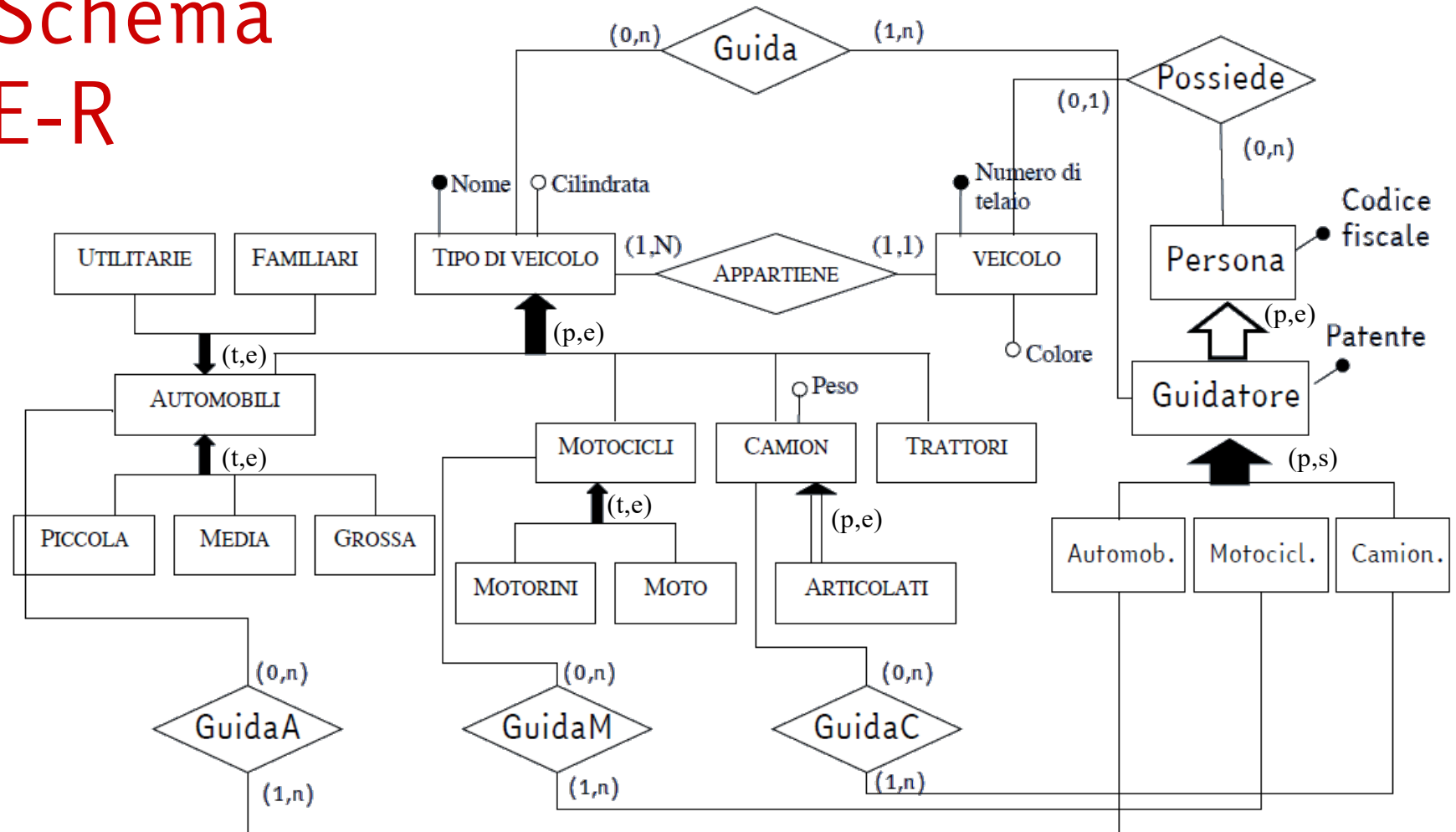
8. Solo un guidatore, che ha una patente, può guidare (un veicolo)

9. Un automobilista può guidare automobili, un motociclista può guidare motocicli, un camionista (può guidare) camion



*Queste associazioni rendono più precisa l'associazione Guida e evitano, ad esempio, l'inserimento di un automobilista che guidi camion*

# Schema E-R



# Documentazione associata agli schemi concettuali

Uno schema E-R non è quasi mai sufficiente a rappresentare tutti gli aspetti di una base di dati.

Esempi sull'E-R aziendale precedente:

- il direttore deve afferire al dipartimento che dirige
- lo stipendio del direttore deve essere maggiore degli stipendi degli impiegati
- il budget di un progetto è calcolato come il triplo degli stipendi degli impiegati che vi partecipano.

# Documentazione associata agli schemi concettuali

Per garantire la correttezza del DB bisogna impedire che il DB possa rappresentare informazioni scorrette:

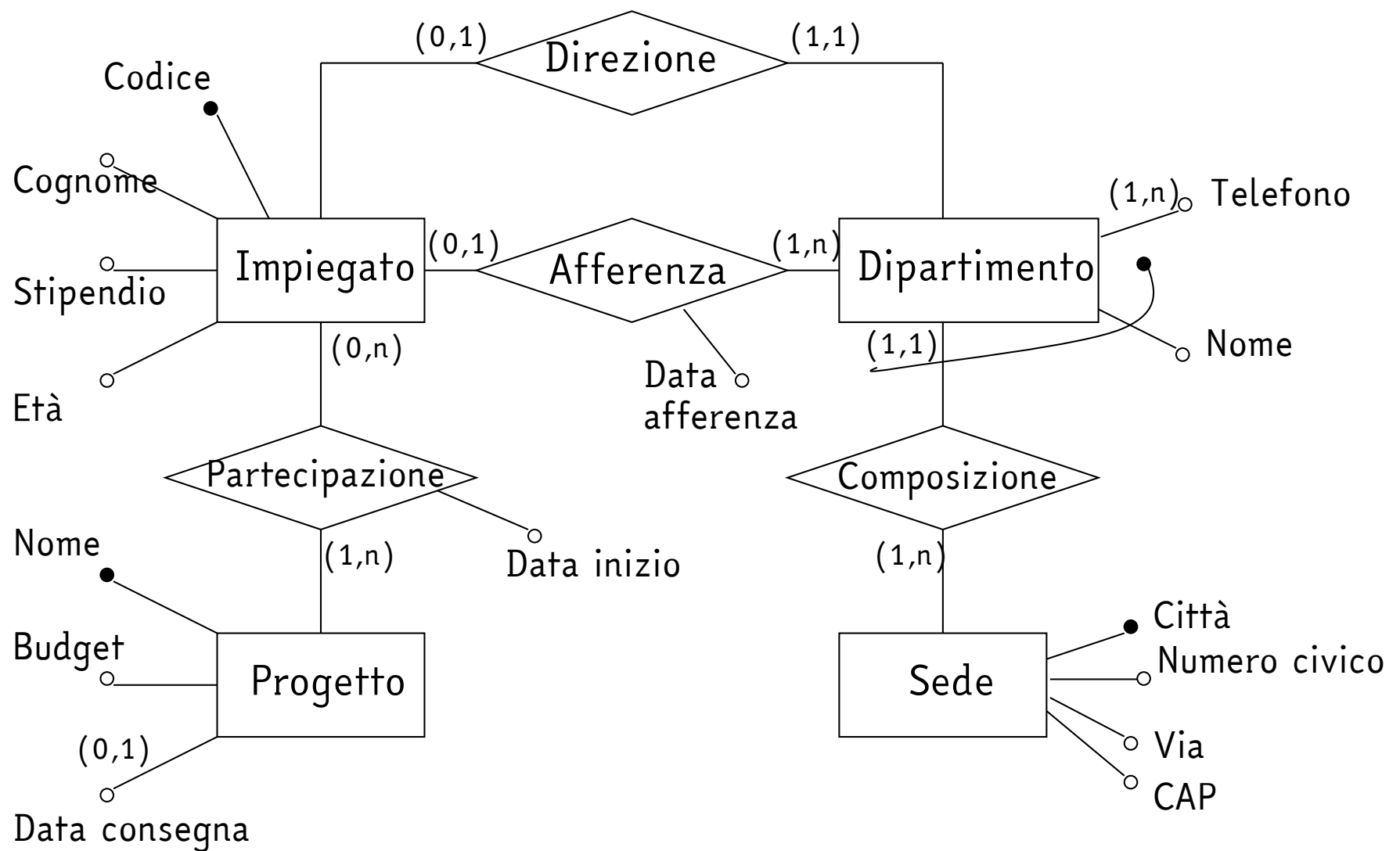
- un direttore che non afferisce al dipartimento che dirige
- lo stipendio di un direttore minore dello stipendio di un impiegato
- il budget di un progetto diverso dal triplo degli stipendi degli impiegati che vi partecipano.

I costrutti dell'ER non sono sufficienti a fornire queste garanzie, quindi occorre fornire ulteriori vincoli...

# Documentazione associata agli schemi concettuali

Documentazione da associare agli schemi E-R:

- Descrizione di concetti:
  - Dizionario dei dati per le entità
  - Dizionario dei dati per le associazioni
- Vincoli non esprimibili in E-R (business rules o regole aziendali):
  - **Vincoli di integrità**  
(nella forma sintattica  
*<concetto> deve/non deve <espressione su concetti>*)
  - **Vincoli di derivazione**  
(nella forma sintattica  
*<concetto> si ottiene <operazione su concetti>*)





# Dizionario dei dati (entità)

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatore
Impiegato	Dipendente dell'azienda	Codice, Cognome, Stipendio	Codice
Progetto	Progetti aziendali	Nome, Budget	Nome
Dipartimento	Struttura aziendale	Nome, Telefono	Nome, Sede
Sede	Sede dell'azienda	Città, Indirizzo	Città

# Dizionario dei dati (entità)

Entità	Descrizione	Attributi	Identificatore
Impiegato	Dipendente dell'azienda	Codice, Cognome, Stipendio	Codice
Progetto	Progetti aziendali	Nome, Budget	Nome
Dipartimento	Struttura aziendale	Nome, Telefono	Nome, Sede
Sede	Sede dell'azienda	Città, Indirizzo	Città

# Dizionario dei dati (associazioni)

<b>Associazioni</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Componenti</b>	<b>Attributi</b>
Direzione	Direzione di un dipartimento	Impiegato, Dipartimento	
Afferenza	Afferenza a un dipartimento	Impiegato, Dipartimento	Data
Partecipazione	Partecipazione a un progetto	Impiegato, Progetto	
Composizione	Composizione dell'azienda	Dipartimento, Sede	

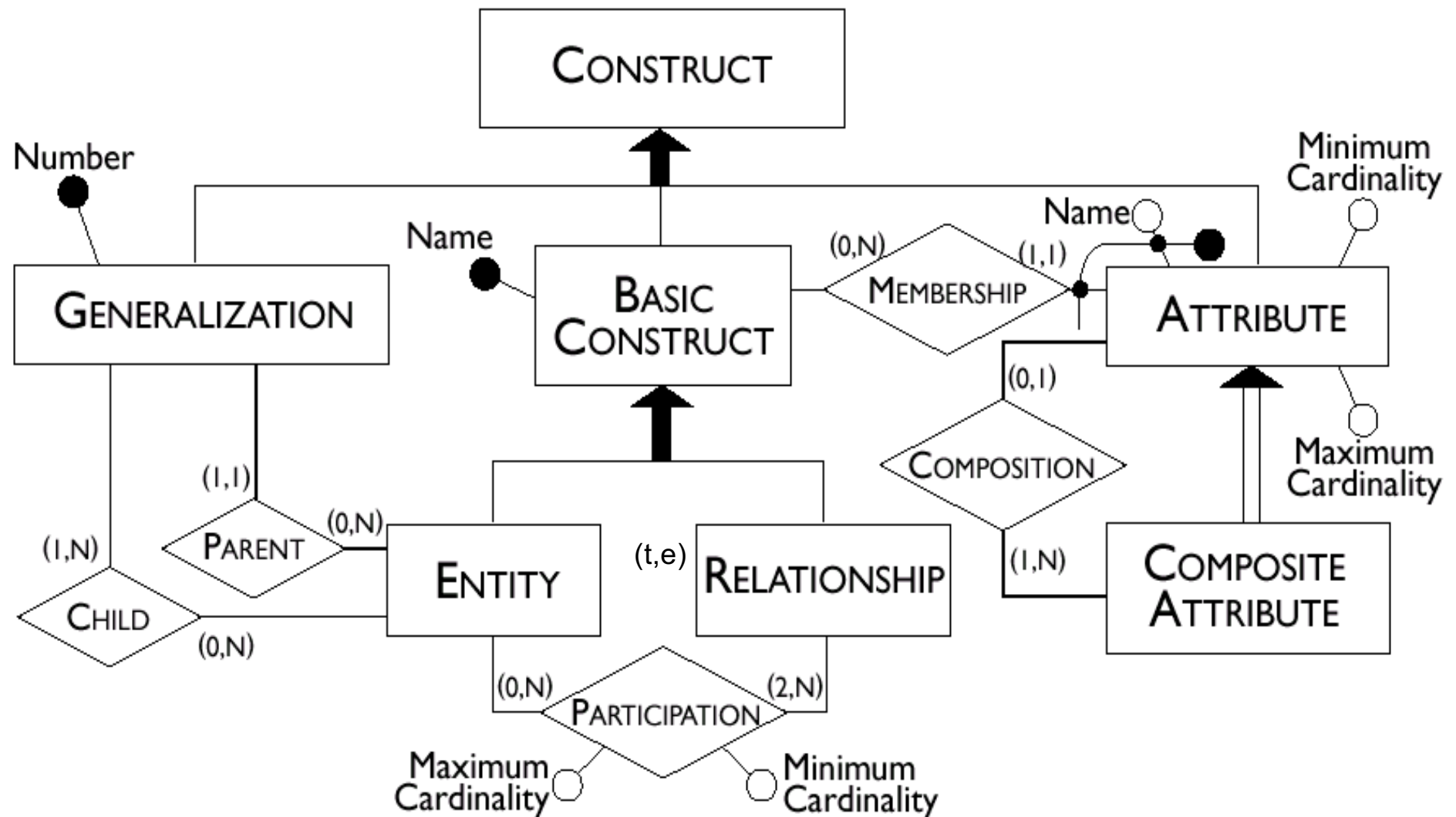
## Vincoli di integrità

- (1) Il direttore di un dipartimento deve afferire a dipartimento che dirige
- (2) Un impiegato deve avere uno stipendio minore del direttore del dipartimento a cui afferisce
- (3) Un dipartimento con sede a Roma deve essere diretto da un impiegato con più di dieci anni di anzianità
- (4) Un impiegato che non afferisce a nessun dipartimento non può partecipare a nessun progetto

## Vincoli di derivazione

- (5) Il budget di un progetto si ottiene moltiplicando per tre la somma degli stipendi degli impiegati che partecipano al progetto

# Il modello E-R del modello E-R



Vincoli di integrità: card. minima minore o uguale della card. massima

# Esercizio

Rappresentare in E-R questi tre casi:

1. Sport, nazione e superficie. Uno sport si pratica in una certa nazione su una certa superficie (ad esempio, il tennis si gioca sull'erba in Inghilterra e in Australia, sulla terra rossa in Italia e in Francia, sul sintetico in USA, Italia e Francia; il calcio sull'erba in Italia, sul sintetico e sull'erba in USA, sull'erba in Inghilterra).
2. Studioso e dipartimento. Gli studiosi tengono seminari presso dei dipartimenti. Per ogni seminario è necessario rappresentare data e titolo, con il vincolo che uno studioso non possa tenere più seminari nello stesso giorno.
3. Professionista e azienda. I professionisti svolgono consulenze per delle aziende. È necessario rappresentare il numero di consulenze effettuate da un professionista per ciascuna azienda, con il relativo costo totale.

# Esercizio

Rappresentare in E-R il seguente caso:

1. Sport, nazione e superficie. Uno sport si pratica in una certa nazione su una certa superficie (ad es. il tennis si gioca sull'erba in Inghilterra e in Australia, sulla terra rossa in Italia e in Francia, sul sintetico in USA, Italia e Francia; il calcio sull'erba in Italia, sul sintetico e sull'erba in USA, sull'erba in Inghilterra)



# Svolgimento SBAGLIATO

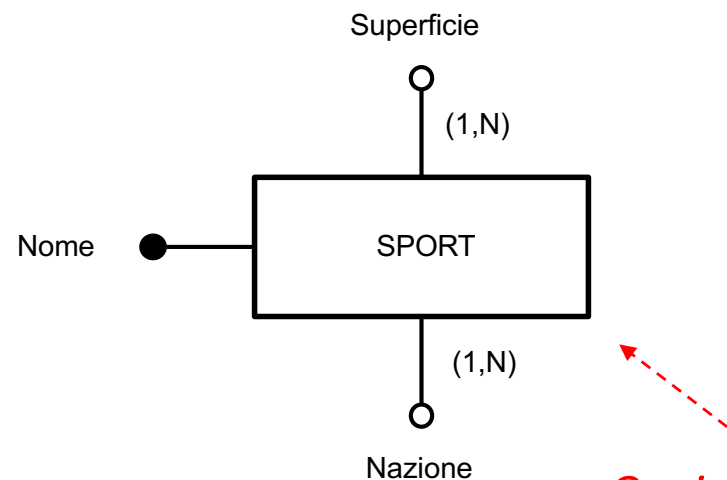
*Unica entità*

*Attributi (1,N) per gestire il caso  
diverse coppie sport/terreno*

Rappresentare in E-R il seguente caso:

1. **Sport, nazione e superficie**. Uno sport si pratica in una certa nazione su una certa superficie (ad es. il tennis si gioca sull'erba in Inghilterra e in Australia, sulla terra rossa in Italia e in Francia, sul sintetico in USA, Italia e Francia; il calcio sull'erba in Italia, sul sintetico e sull'erba in USA, sull'erba in Inghilterra)

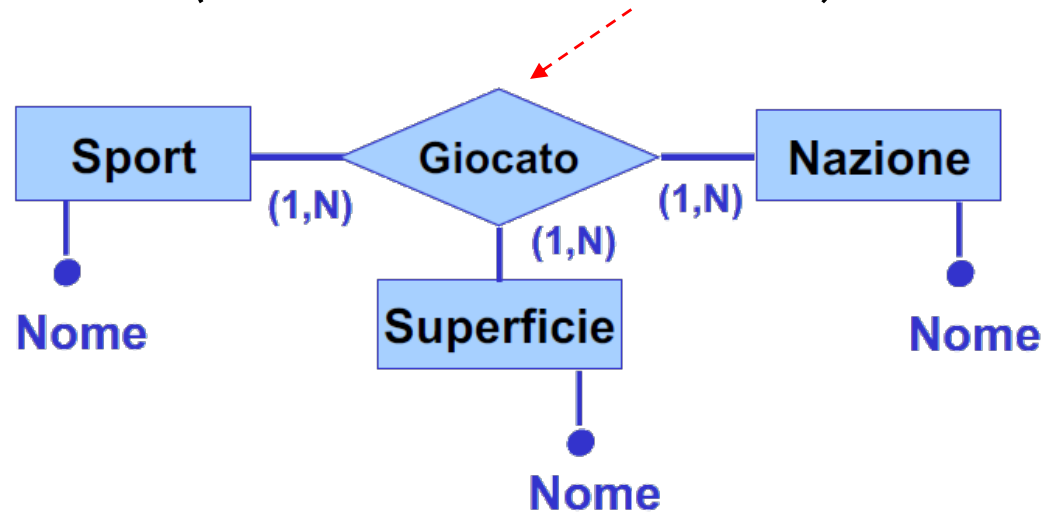
# Svolgimento SBAGLIATO



*Ogni sport ha un insieme di superfici e un insieme di nazioni senza legami tra superfici e nazioni. Ad es. non si può rappresentare il fatto che il tennis si gioca su erba in Inghilterra e su terra rossa in Italia*

# Schema E-R corretto

*Introduco associazione Giocato, che conterrà le triplette ammesse: (tennis, erba, Inghilterra), (tennis, terra rossa, Italia), ...*



# Esercizio

Rappresentare in E-R il seguente caso:

2. Studioso e dipartimento. Gli studiosi tengono seminari presso dei dipartimenti. Per ogni seminario è necessario rappresentare data e titolo, con il vincolo che uno studioso non possa tenere più seminari nello stesso giorno.

# Svolgimento SBAGLIATO

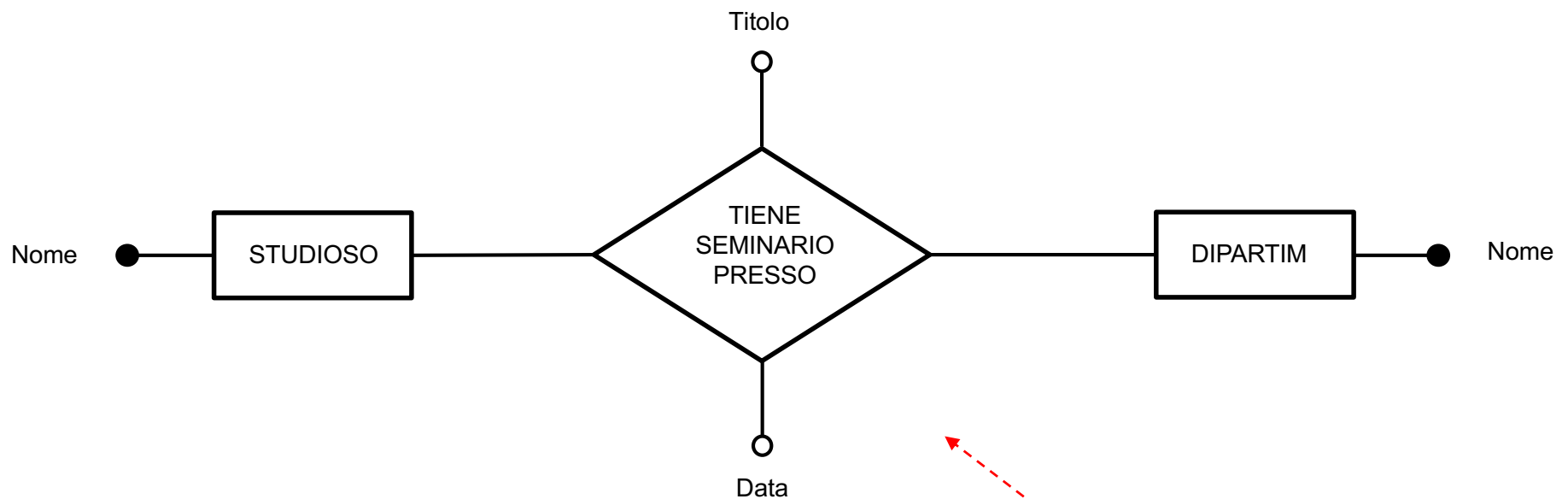
*Entità*

Rappresentare in E-R il seguente caso:

2. Studioso e dipartimento. Gli studiosi tengono seminari presso dei dipartimenti. Per ogni seminario è necessario rappresentare data e titolo, con il vincolo che uno studioso non possa tenere più seminari nello stesso giorno.

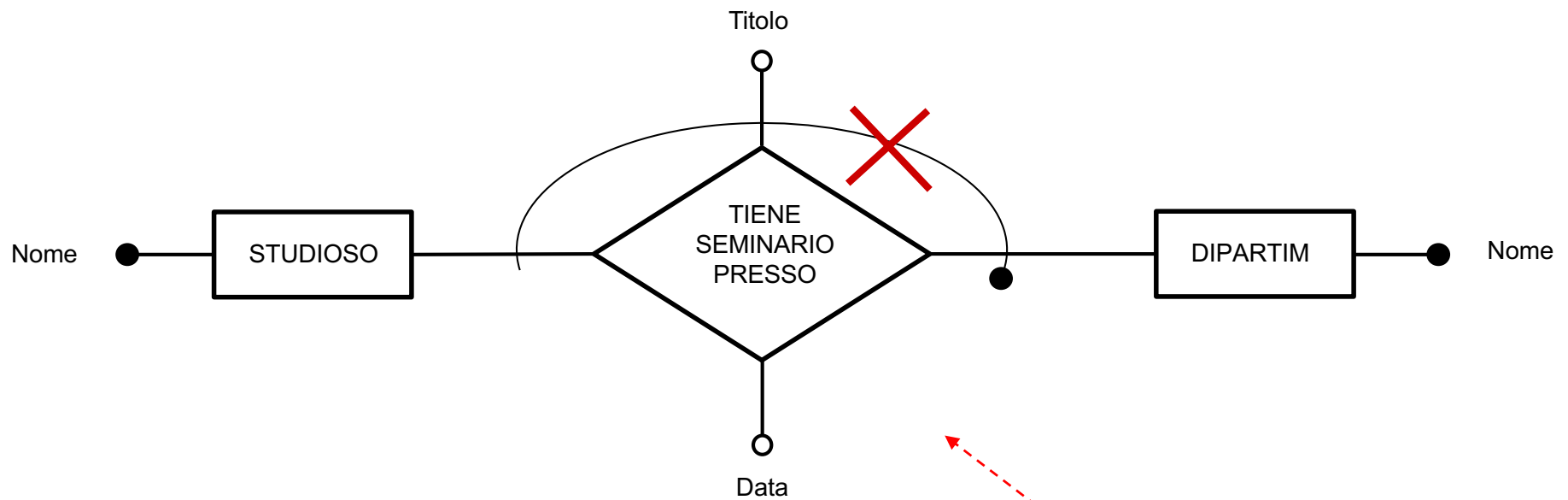
*Associazione*

# Svolgimento SBAGLIATO



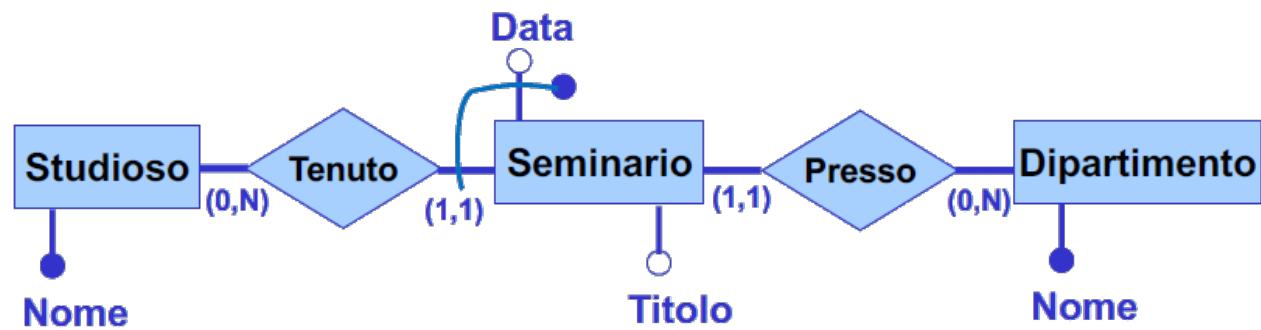
*Uno studioso può tenere più seminari (in date diverse) presso lo stesso dipartimento, ma questa associazione non lo permette*

# Svolgimento SBAGLIATO



*Le associazioni **non possono avere** Identificatore*

# Schema E-R corretto





# Esercizio

3. Professionista e azienda. I professionisti svolgono consulenze per delle aziende. È necessario rappresentare il numero di consulenze effettuate da un professionista per ciascuna azienda, con il relativo costo totale.

# Esercizio

