



Il modello Entity-Relationship

Sistemi Informativi L-B

Home Page del corso:

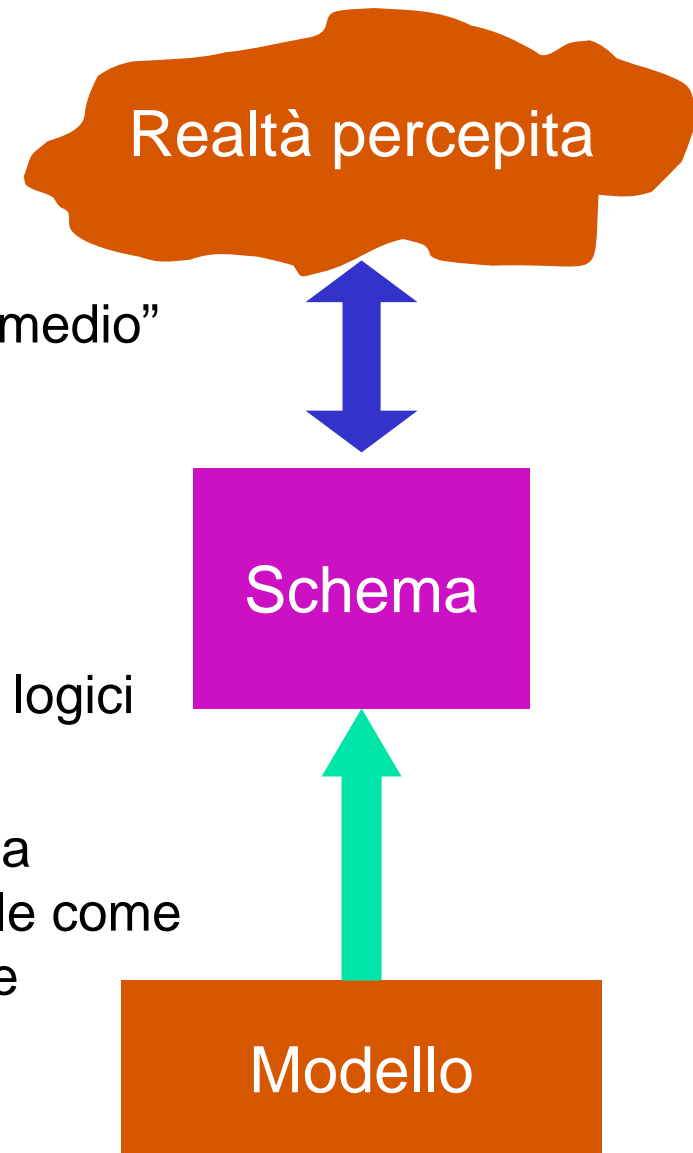
<http://www-db.deis.unibo.it/courses/SIL-B/>

Versione elettronica: [ER.pdf](#)

Sistemi Informativi L-B

I modelli concettuali dei dati

- Vogliamo pervenire a uno schema che rappresenti la realtà di interesse in modo indipendente dal DBMS
- Cerchiamo quindi un livello di **astrazione** “intermedio” tra sistema e utenti, che sia al tempo stesso:
 - Flessibile
 - Intuitivo
 - Espressivo... tutte caratteristiche che mancano ai modelli logici
- I modelli concettuali prevedono tipicamente una rappresentazione grafica, che risulta anche utile come strumento di documentazione e comunicazione





Modello Entity-Relationship

- Uno “standard de facto” per la progettazione concettuale
 - Ha una rappresentazione grafica
 - Esistono molti dialetti E/R, che spesso si differenziano solo per la notazione grafica adottata
 - Concetti fondamentali:
 - Entità (entity)
 - Associazione (relationship)
 - Attributo
- e inoltre:
- Vincolo di cardinalità
 - Identificatore
 - Gerarchia
- Introduciamo i concetti di base parlando di “meccanismi di astrazione”...



Meccanismi di astrazione

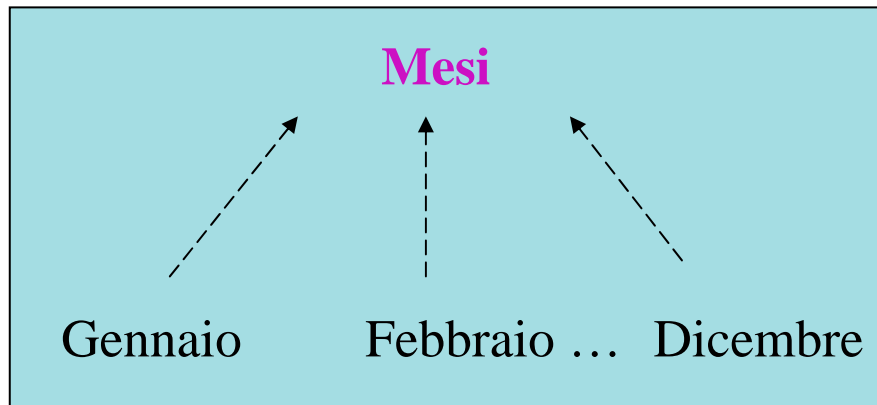
- Quando ragioniamo su un problema usiamo sempre, in funzione del tipo di problema da risolvere, dei procedimentali mentali di un certo tipo per arrivare alla soluzione, ovvero **astraiamo dal caso specifico per ricondurci a un “pattern” più generale che conosciamo.**

Astrazione: *procedimento mentale che si adotta quando si concentra l'attenzione su alcune caratteristiche, trascurando le altre giudicate non rilevanti*

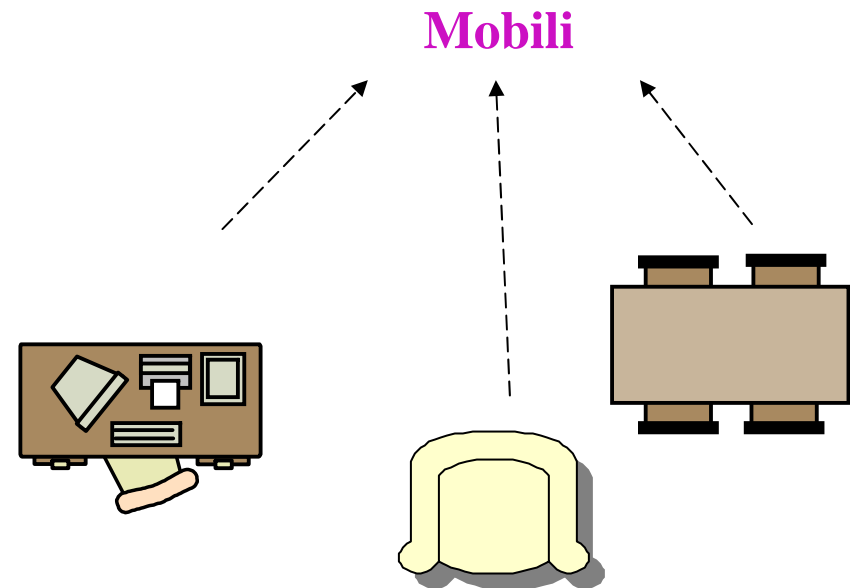
- Nel nostro caso i meccanismi fondamentali di astrazione sono:
 - **classificazione:** identifica classi di oggetti del mondo reale aventi proprietà comuni
 - **aggregazione:** definisce un nuovo concetto a partire da concetti componenti
 - **generalizzazione:** definisce una classe astraendo dalle differenze esistenti tra due o più classi

Astrazione di classificazione

- Definizione di una classe a partire da un insieme di oggetti aventi proprietà (caratteristiche) comuni



- Febbraio è un'istanza (elemento) della classe Mesi
- In generale, dato un insieme di oggetti, le classi definibili non sono univocamente determinate, dipende da ciò che interessa modellare!





Modello E/R: Entità

- Insieme (classe) di oggetti della realtà di interesse che possiedono caratteristiche comuni (es. persone, automobili, ...) e che hanno esistenza “autonoma”
- L'**istanza** (elemento) di un'entità è uno **specifico oggetto** appartenente a quella entità (es. io, la mia auto, ...)
- Graficamente un'entità si rappresenta con un rettangolo:

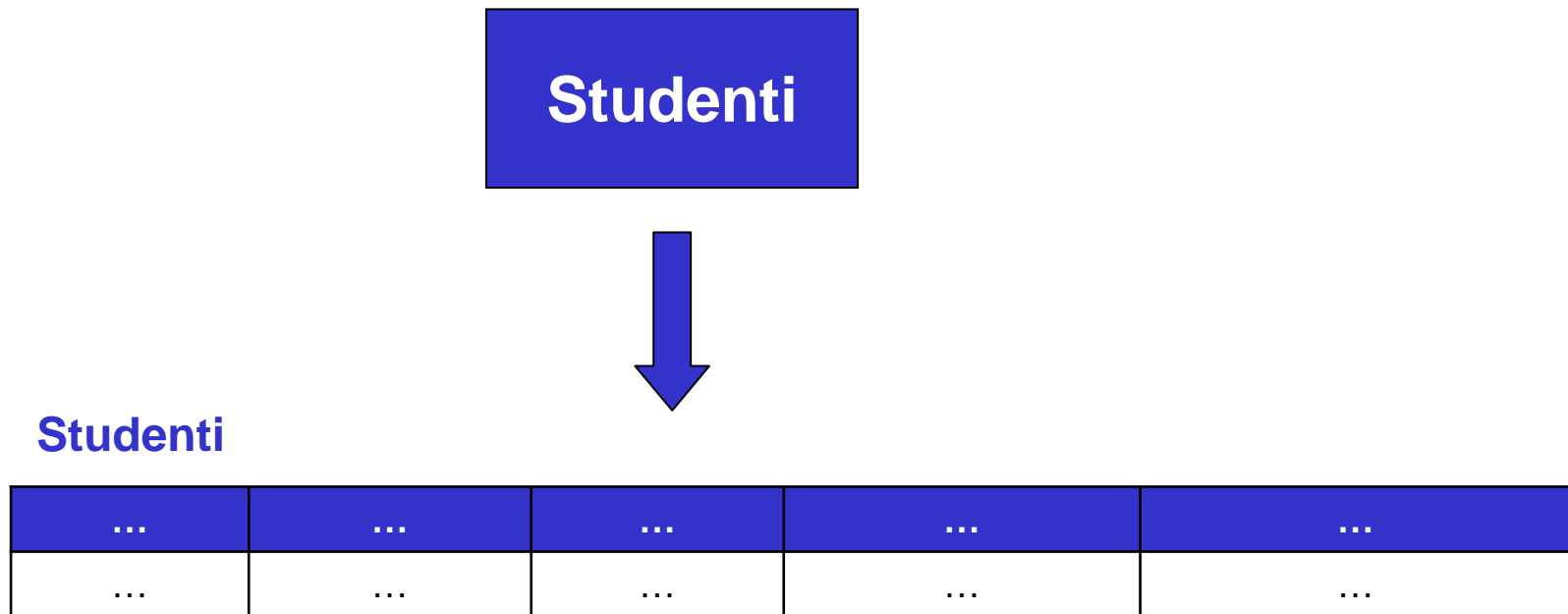
Persone

Automobili

Impiegati

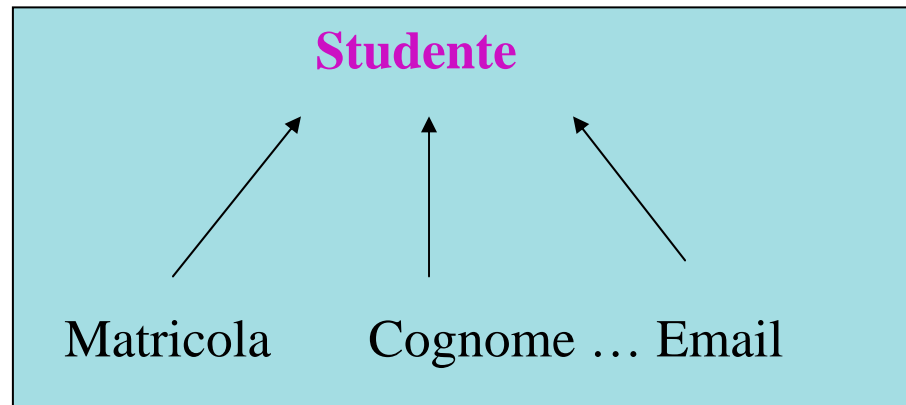
Entità e relazioni

- Data un'entità, **in prima approssimazione** possiamo considerarla “equivalente” a una relazione, di cui però non sappiamo ancora definire lo schema



Astrazione di aggregazione

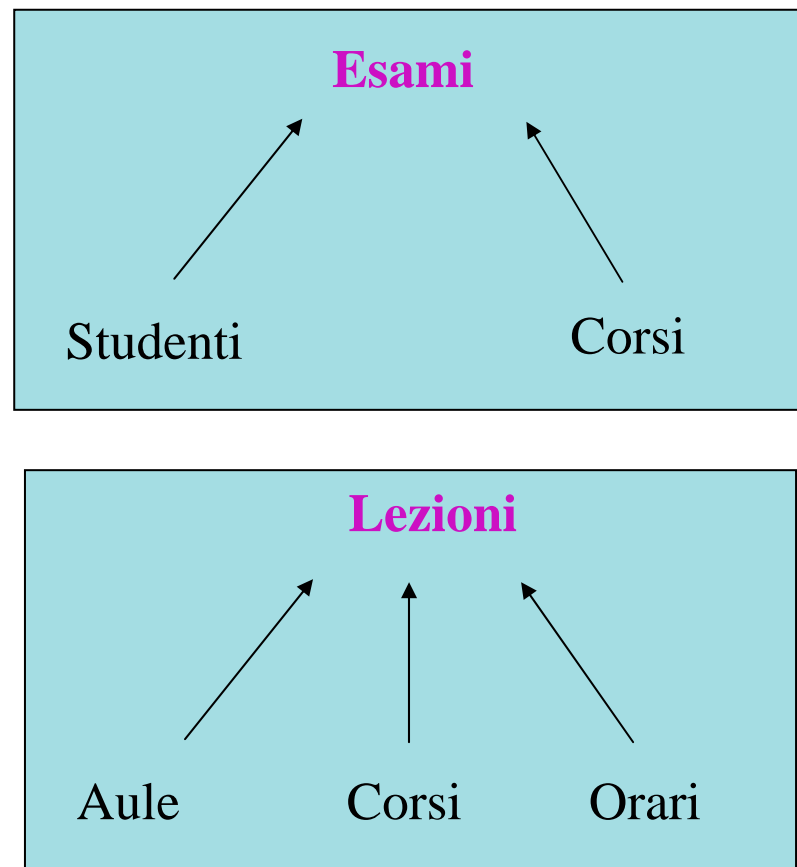
- Definizione di un concetto (classe) a partire da un insieme di concetti componenti



- La Matricola è una parte (part of) dello Studente
- È la tipica astrazione che viene utilizzata quando si definiscono dei record (tuple)

Aggregazione di classi

- Un caso particolarmente interessante è quando i concetti che vengono aggregati sono delle classi che rappresentiamo come delle entità



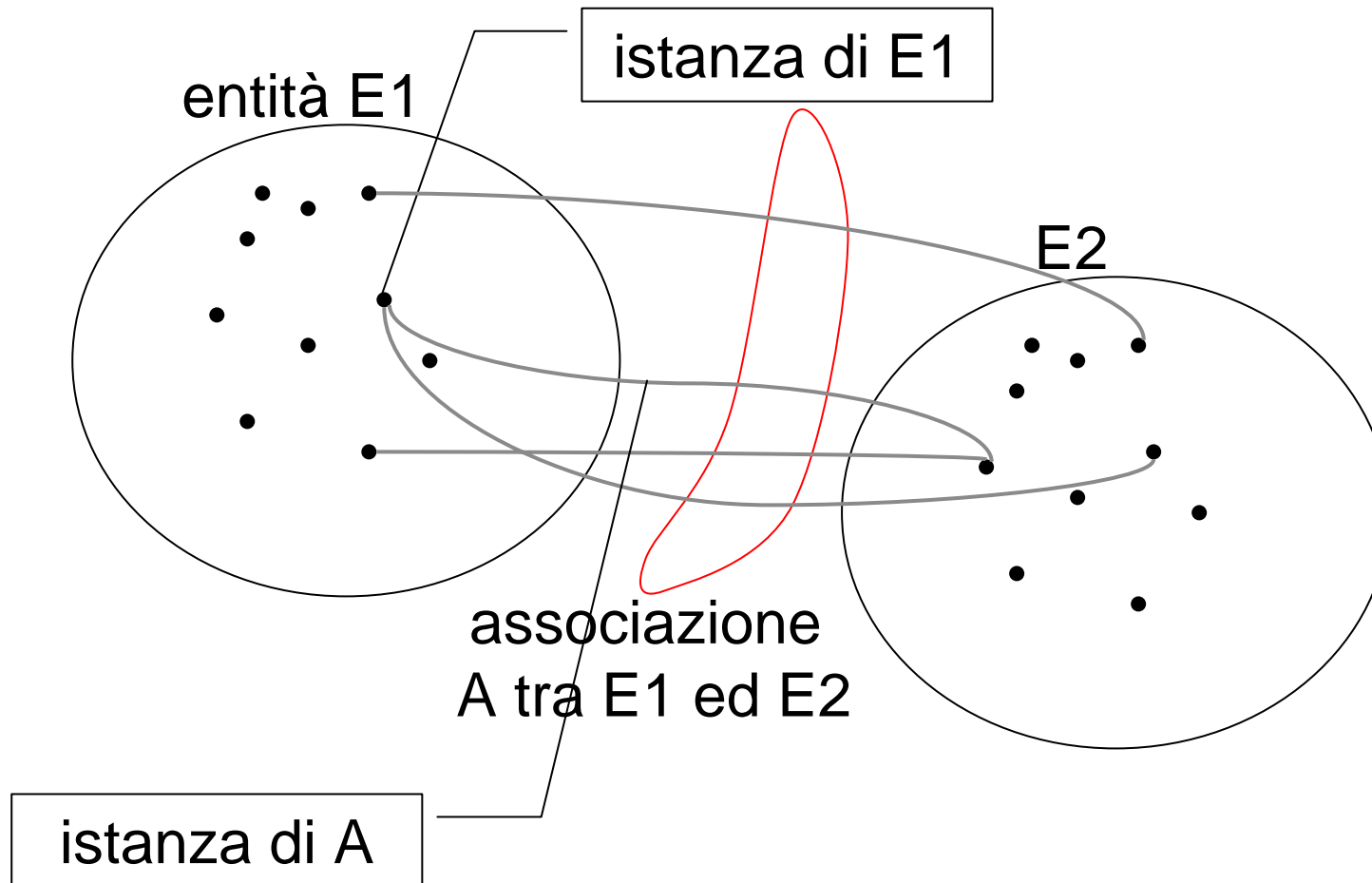
Modello E/R: Associazione

- Rappresenta un **legame logico tra entità**, rilevante nella realtà che si sta considerando
- **Istanza di associazione**: **combinazione (aggregazione) di istanze delle entità** che prendono parte all'associazione
- Graficamente un'associazione si rappresenta con un rombo:



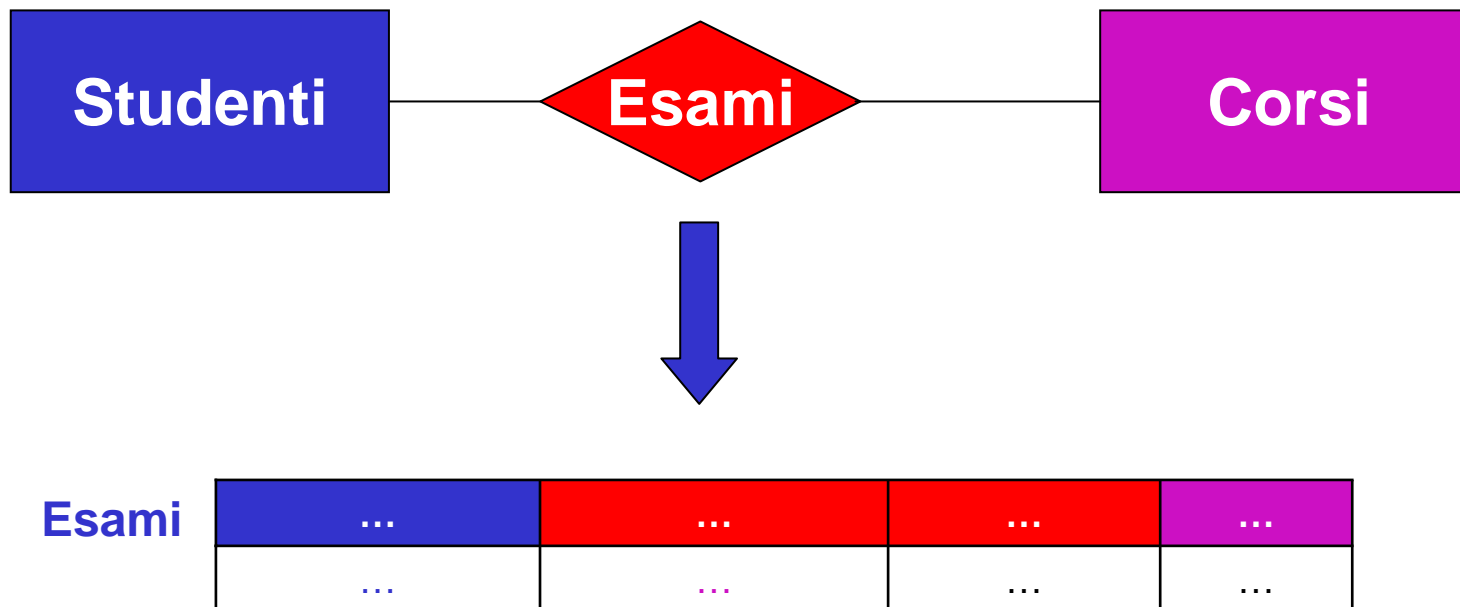
- Se p è un'istanza di Persone e c è un'istanza di Città,
la coppia (p, c) è un'istanza dell'associazione Risiedono

A livello di istanze...



Associazioni e relazioni

- Data un'associazione, **in prima approssimazione** possiamo considerarla ancora “equivalente” a una relazione, di cui però non sappiamo ancora definire lo schema
- Sappiamo però che dobbiamo in qualche modo mantenere le giuste corrispondenze (istanze dell'associazione) tra le entità coinvolte



Istanze di associazioni: una precisazione

- Per definizione l'insieme delle istanze di un'associazione è un sottoinsieme del prodotto Cartesiano degli insiemi delle istanze di entità che partecipano all'associazione
- Ne segue che non ci possono essere istanze ripetute nell'associazione



Se s è uno studente e c un corso, la coppia (s,c) può comparire un'unica volta nell'insieme delle istanze di Esami



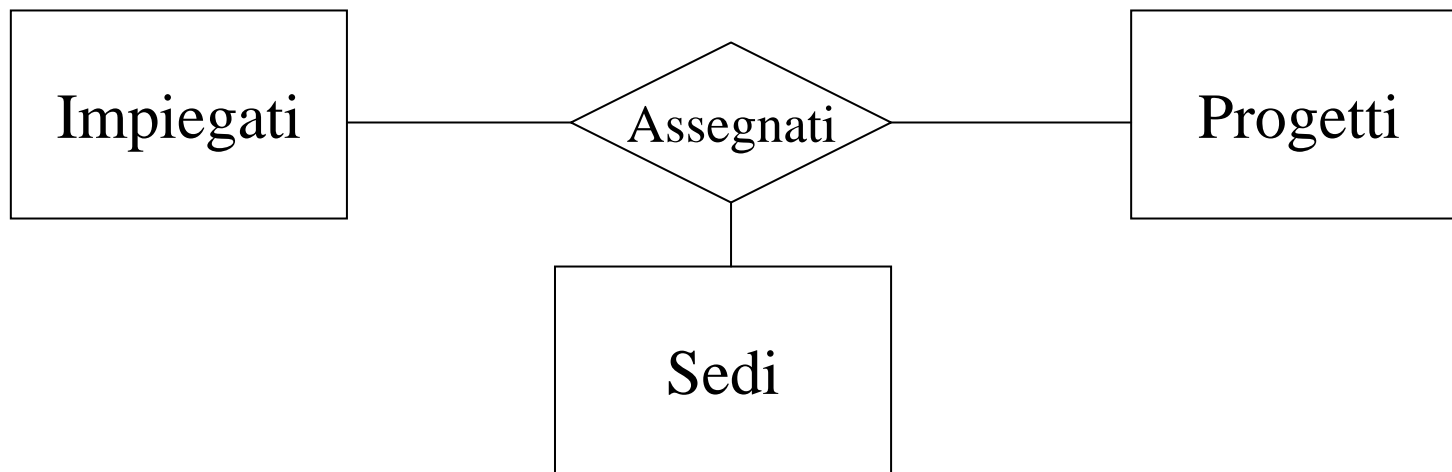
vedremo più avanti come si può rappresentare la possibilità di sostenere più volte lo stesso esame

Grado delle associazioni

- È il numero di istanze di entità che sono coinvolte in un'istanza dell'associazione
- **associazione binaria**: grado = 2

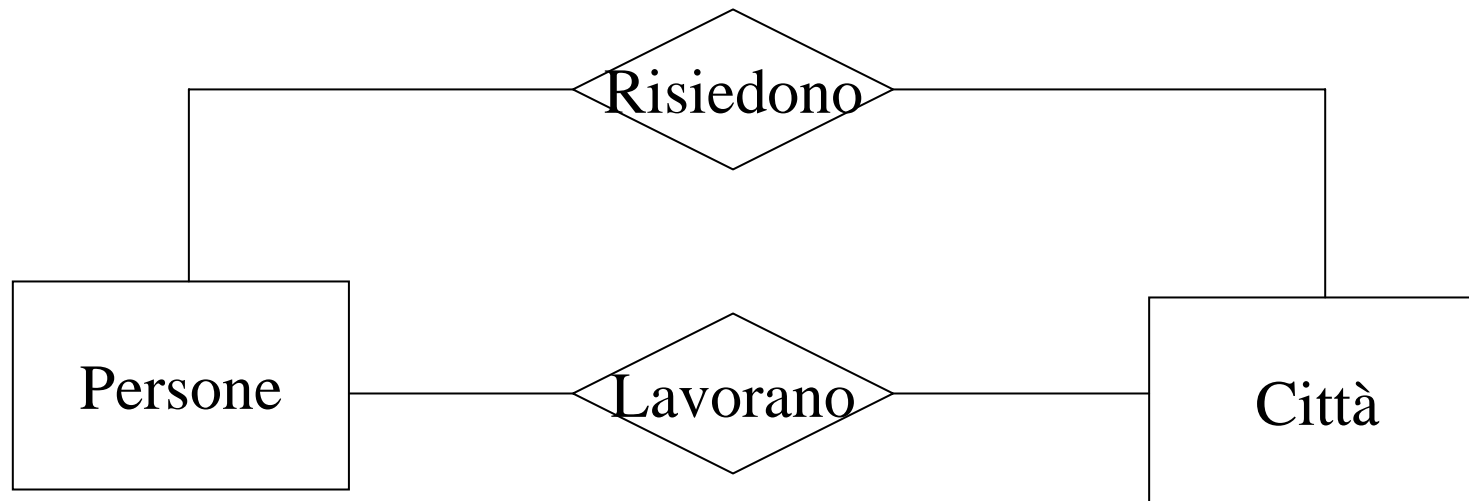


- **associazione ternaria**: grado = 3



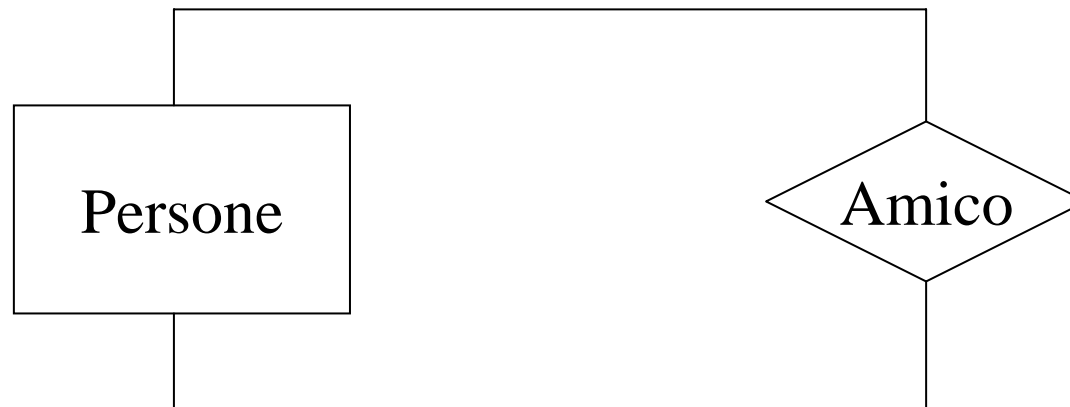
Più associazioni tra le stesse entità

- È possibile stabilire più associazioni, di diverso significato, tra le stesse entità



Associazioni ad anello (1)

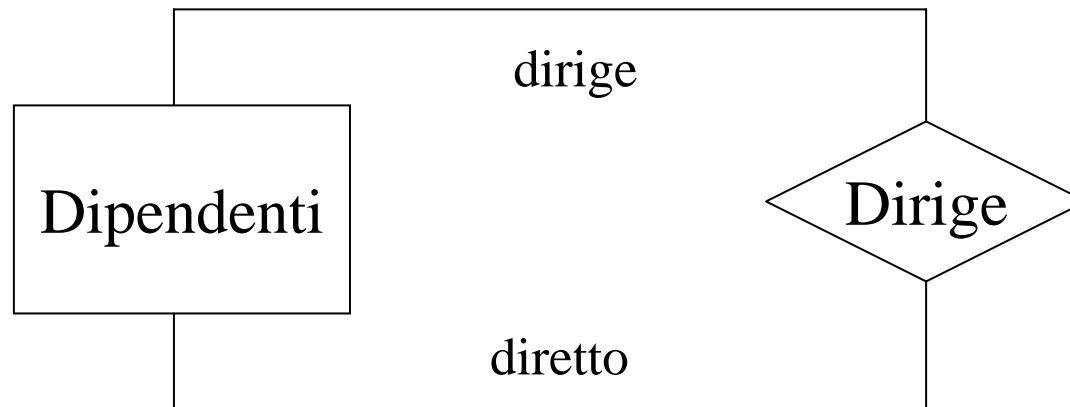
- Un'associazione ad anello coinvolge **più volte la stessa entità**, e quindi mette in relazione tra loro le istanze di una stessa entità



- Un'associazione ad anello può essere o meno:
 - **Simmetrica:** $(a,b) \in A \Rightarrow (b,a) \in A$
 - **Riflessiva:** $(a,a) \in A$
 - **Transitiva:** $(a,b) \in A, (b,c) \in A \Rightarrow (a,c) \in A$
- L'associazione Amico è simmetrica, irriflessiva e intransitiva

Associazioni ad anello (2)

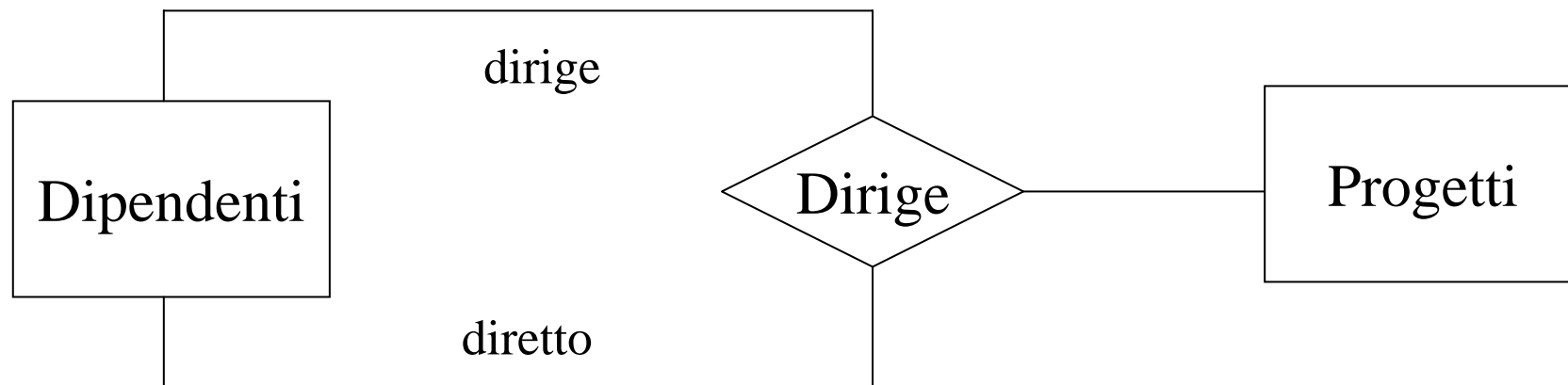
- Nelle associazioni ad anello non simmetriche è necessario specificare, per ogni ramo dell'associazione, il relativo ruolo



- L'importanza dei ruoli diventerà evidente appena introdurremo i vincoli di cardinalità

Associazioni ad anello (3)

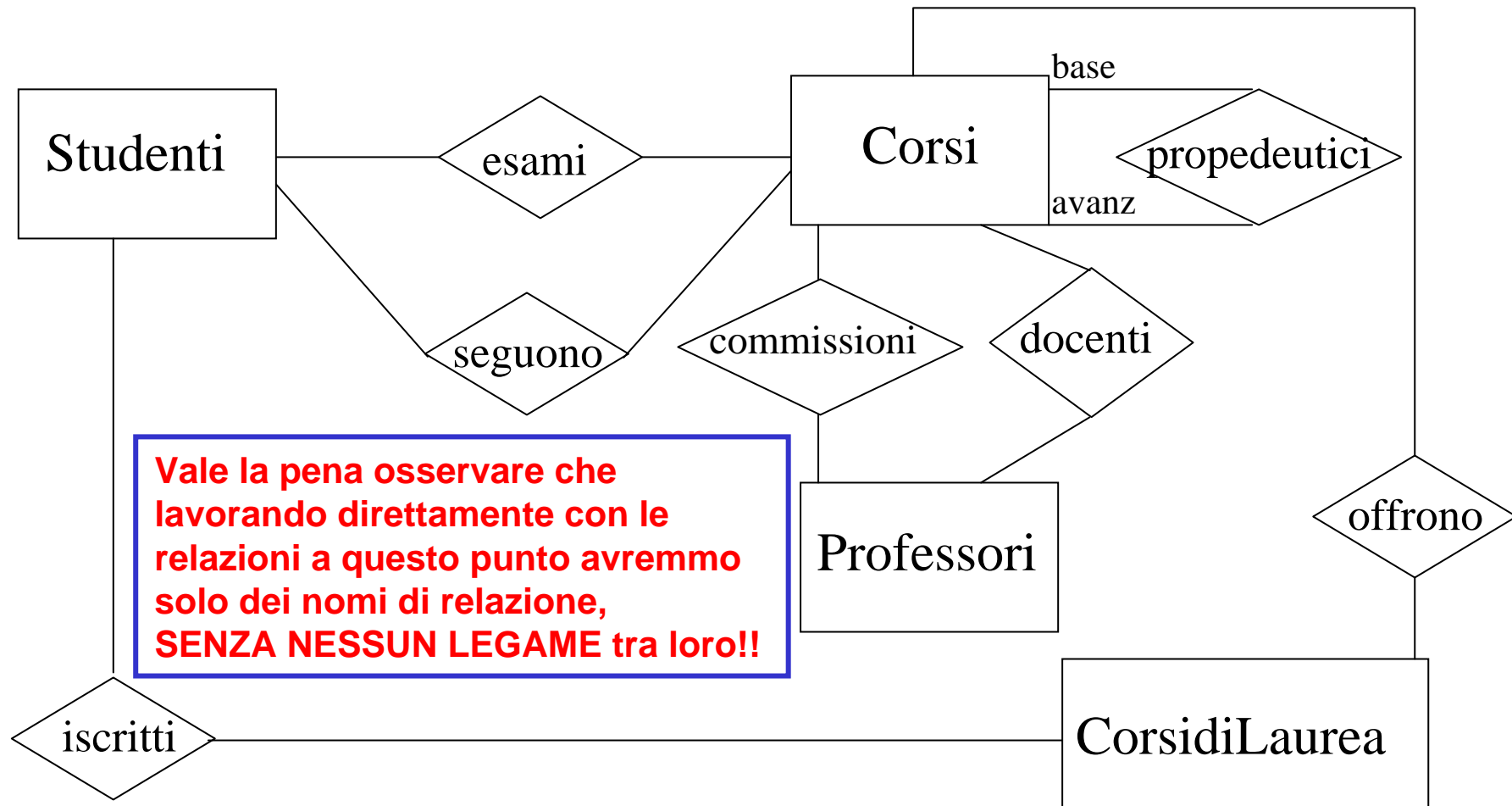
- È possibile avere anelli anche in relazioni n-arie generiche ($n > 2$)



- Il significato di un'istanza $(d1, d2, p)$ è:

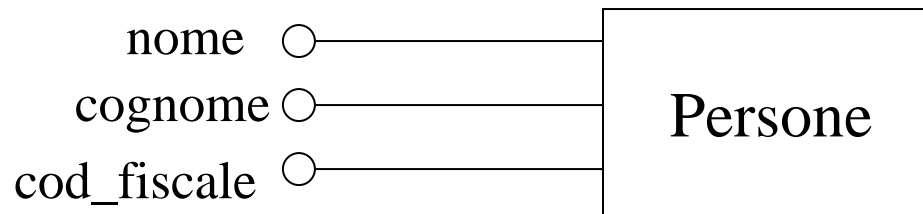
il dipendente d1 dirige il dipendente d2 all'interno del progetto p

Un semplice schema E/R (incompleto!)



Attributi

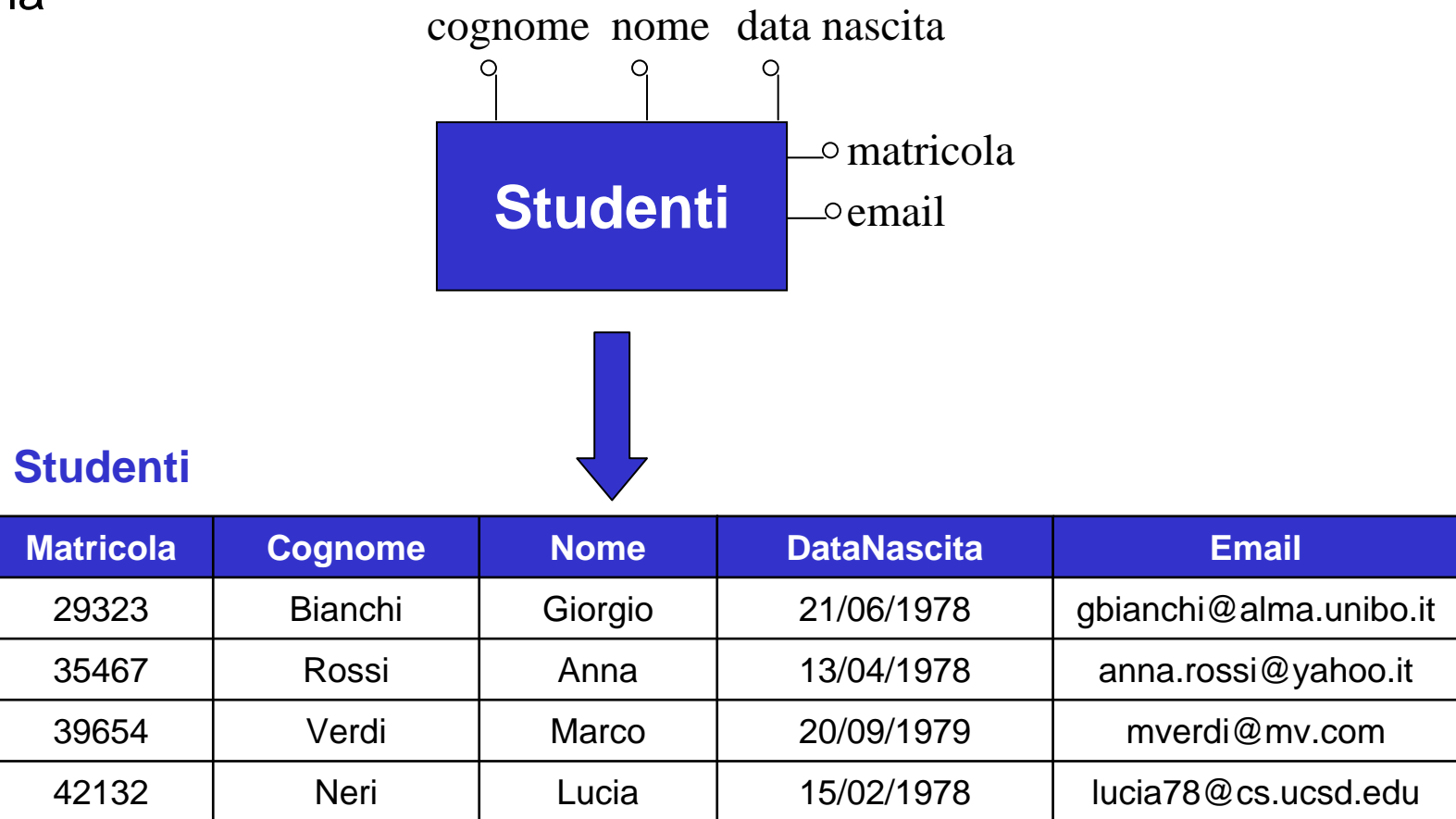
- Un attributo è una **proprietà elementare di un'entità o di un'associazione**
- Graficamente:



- nome, cognome, cod_fiscale sono tutti attributi di Persone
- Ogni attributo è definito su un **dominio di valori**
- Quindi **un attributo associa ad ogni istanza di entità o associazione un valore del corrispondente dominio**

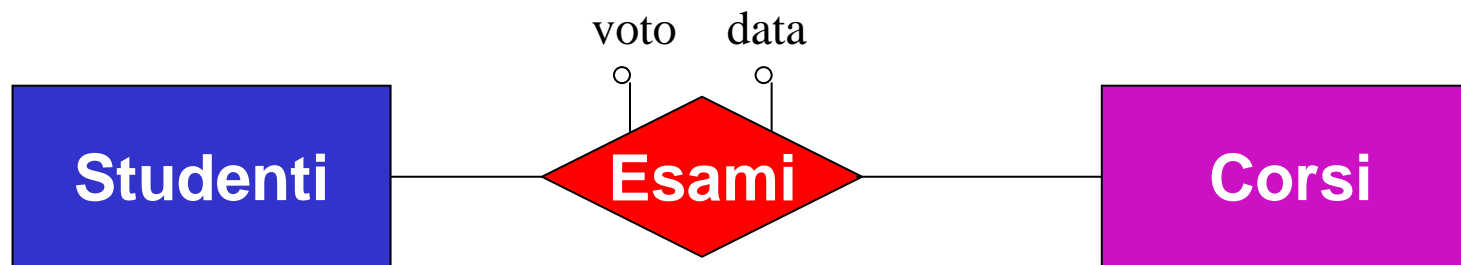
Entità con attributi e relazioni

- Ancora **in modo approssimato**, un'entità con attributi possiamo considerarla “equivalente” a una relazione, di cui ora possiamo definire lo schema



Attributi: dell'entità o dell'associazione?

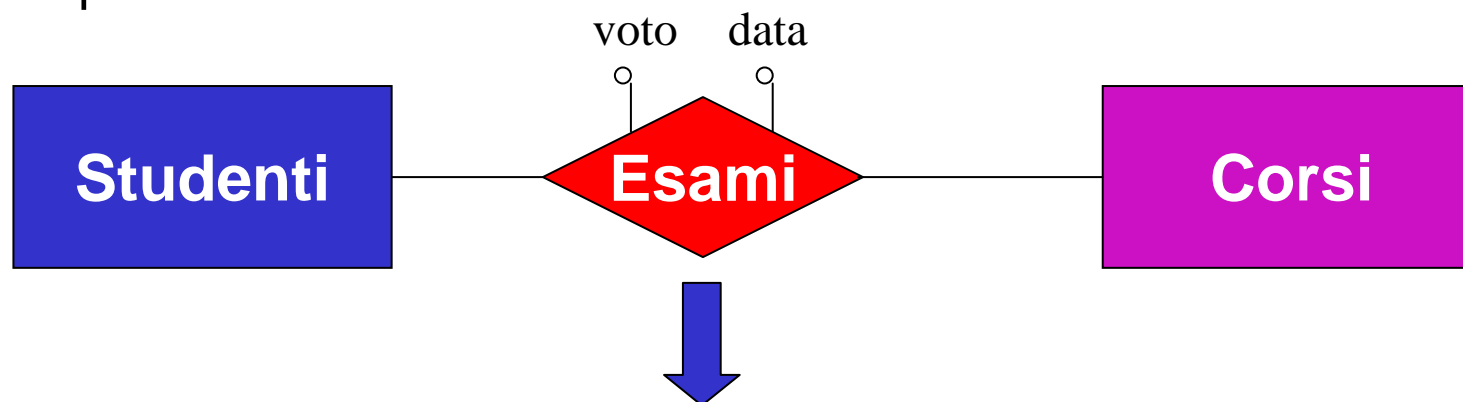
- È importante fare attenzione a dove si specificano gli attributi!



- data e voto non sono proprietà né di uno studente né di un corso, ma del legame Studenti-Corsi che si crea in occasione di un esame

Associazioni con attributi e relazioni

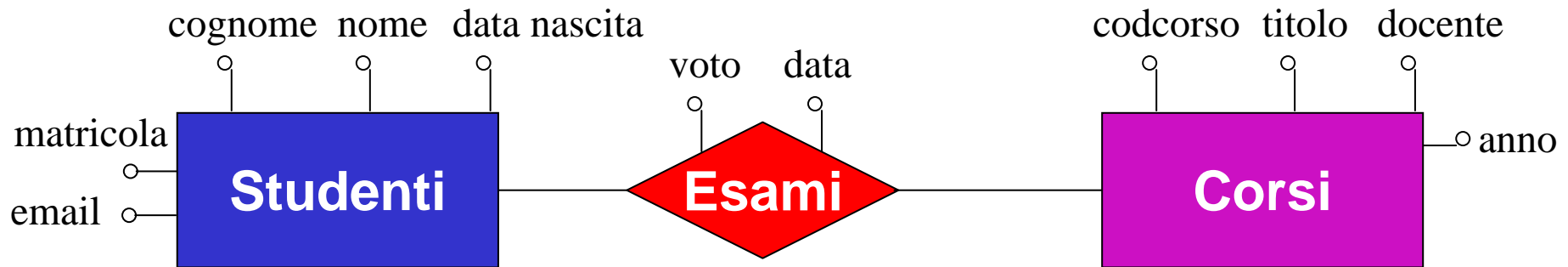
- Data un'associazione con attributi, **in prima approssimazione** possiamo considerarla ancora “equivalente” a una relazione, di cui possiamo definire lo schema **solo parzialmente**
- ... dobbiamo ancora trovare il modo di mantenere le giuste corrispondenze tra le entità coinvolte



Esami	...	Voto	Data	...
		28	12/06/2003	
		30	15/07/2003	
		26	12/06/2003	
		30	20/09/2004	

Rappresentare un'associazione (1)

- Consideriamo il seguente schema, completo di attributi



- Sappiamo che un'istanza dell'associazione è la **combinazione (aggregazione) di istanze delle entità** che vengono associate
- Quindi, ad esempio:

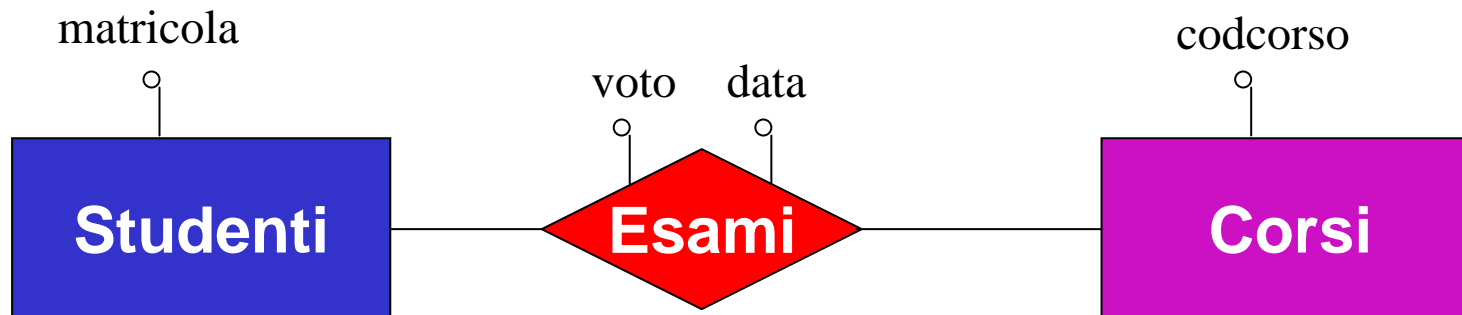
“Lo studente Giorgio Bianchi, nato il 21 Giugno 1978, con numero di matricola 29323 ed email gbianchi@alma.unibo.it, **ha superato con voto 28 il 12 Giugno 2003 l'esame** del corso di Analisi, codice 483, tenuto dal Prof. Biondi al primo anno”

Rappresentare un'associazione (2)

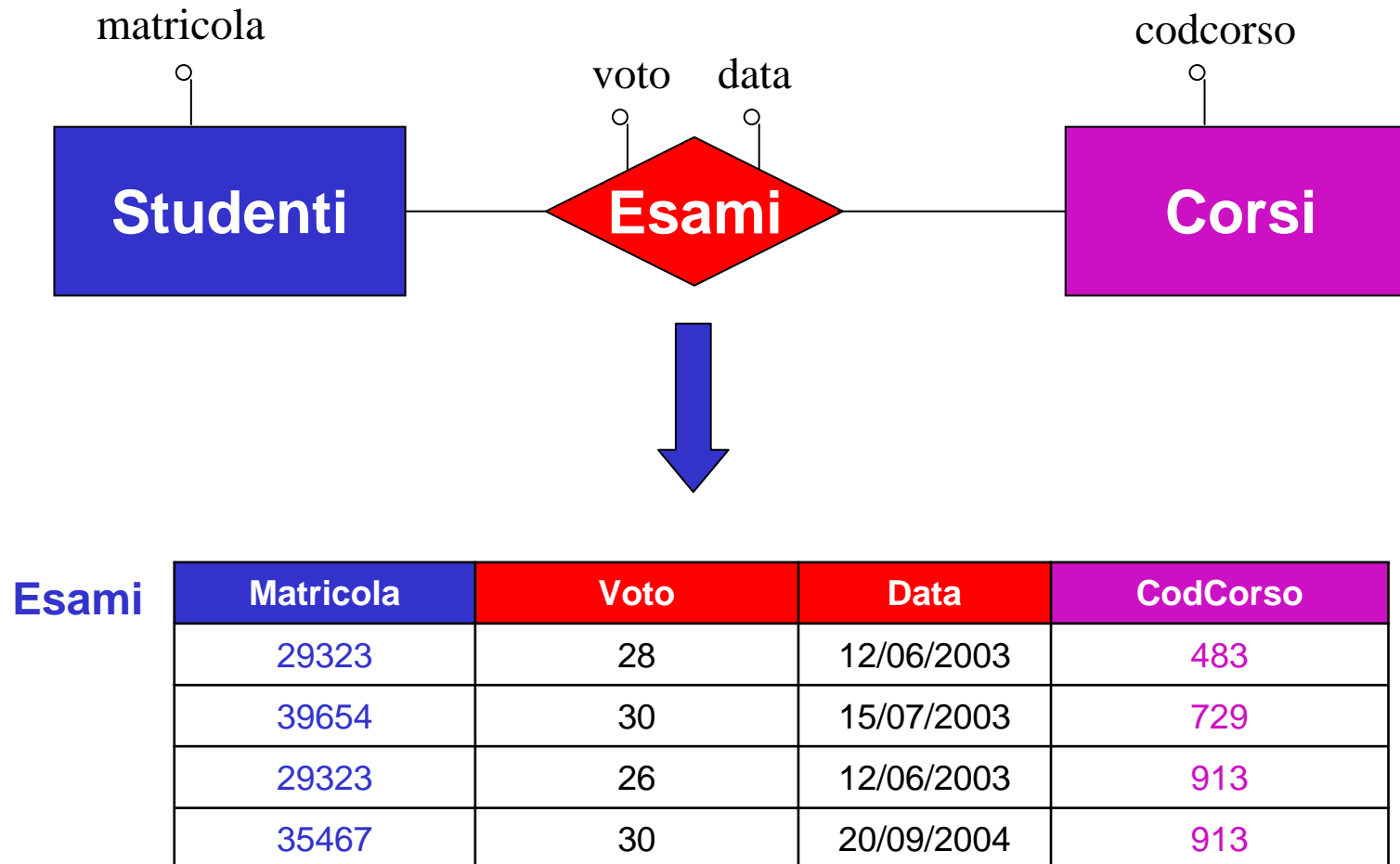
- Anticipiamo qualcosa...
- Osserviamo che CodCorso è la sola chiave di Corsi, e quindi anche chiave primaria, e che Matricola è la chiave primaria di Studenti
- Possiamo pertanto dire, senza perdita di informazioni, la stessa cosa in modo più compatto:

“Lo studente con numero di matricola 29323 ha superato con voto 28 il 12 Giugno 2003 l'esame del corso con codice 483”

- ...e quindi per l'associazione di fatto dobbiamo rappresentare solo:



Rappresentare un'associazione (3)

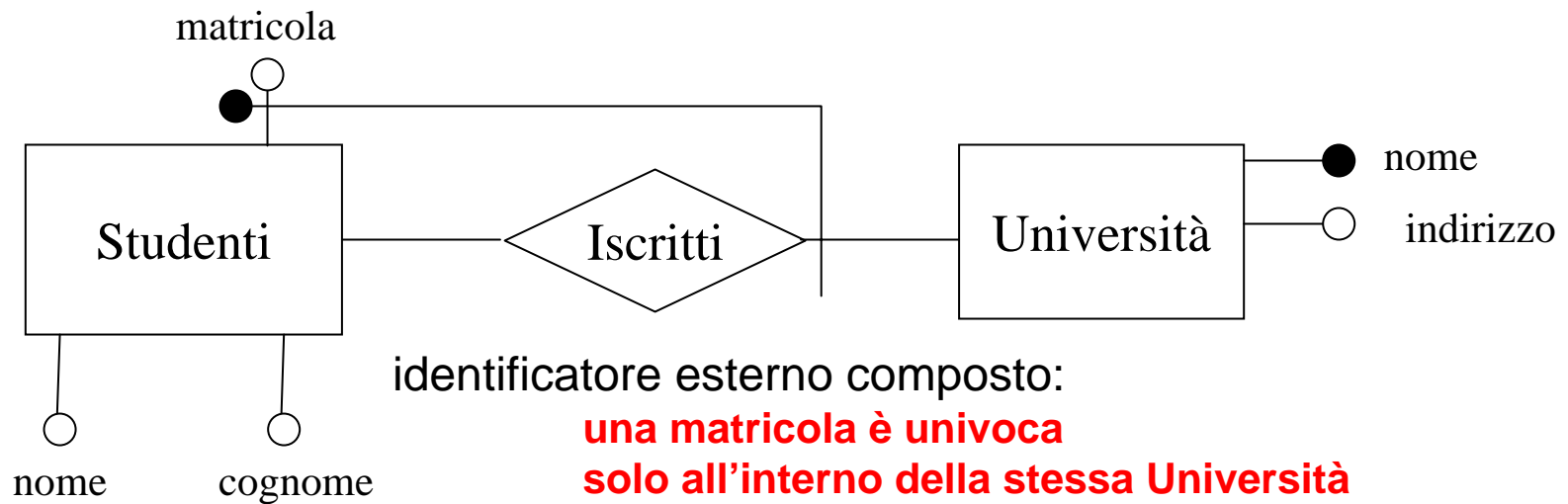
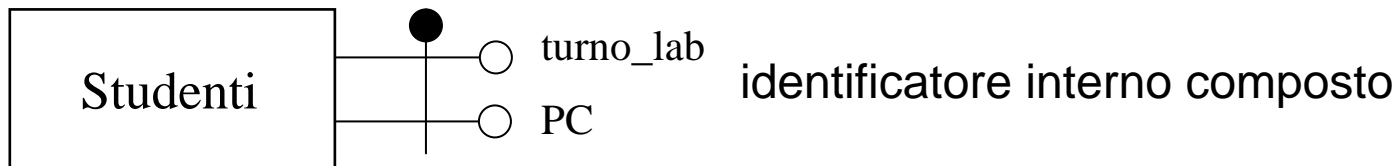
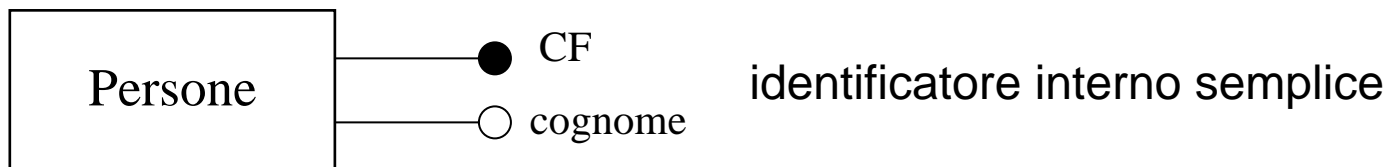




Identificatori

- Un identificatore permette l'**individuazione univoca delle istanze di un'entità**; deve valere anche la **minimalità**: nessun sottoinsieme proprio dell'identificatore deve a sua volta essere un identificatore
 - Corrisponde al concetto di chiave del modello relazionale
- Per definire un identificatore per un'entità E si hanno due possibilità:
 - **Identificatore interno**: si usano uno o più attributi di E
 - **Identificatore esterno**: **si usano altre (una o più) entità**, collegate a E da associazioni, più eventuali attributi di E
 - Talvolta quando l'identificatore usa sia altre entità che attributi propri si parla di identificatore **misto**
- Se il numero di elementi (attributi o entità) che costituiscono l'identificatore è pari a 1 si parla di identificatore **semplice**, altrimenti l'identificatore è **composto**
- Ogni entità deve avere **almeno un identificatore**, in generale può averne più di uno

Identificatori interni ed esterni



Differenze con il modello relazionale (1)

- Nel modello relazionale abbiamo, per ogni relazione:
 - Una o più chiavi
 - Una chiave primaria
- La chiave primaria viene poi “esportata”, definendo così delle foreign keys
- Quindi: **per definire una foreign key dobbiamo aver prima definito qual è la chiave primaria della relazione che vogliamo referenziare**

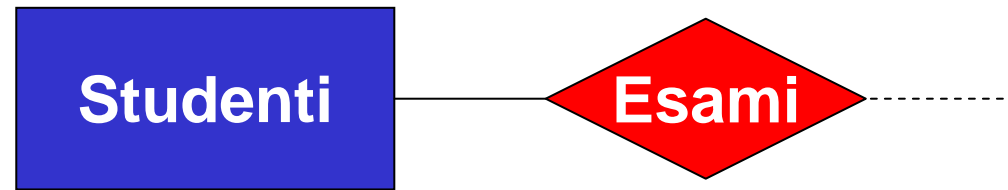
Studenti

Matricola	CodiceFiscale	Cognome	Nome	DataNascita
29323	BNCGRG78F21A	Bianchi	Giorgio	21/06/1978
35467	RSSNNA78D13A	Rossi	Anna	13/04/1978
39654	VRDMRC79I20A	Verdi	Marco	20/09/1979
42132	VRDMRC79I20B	Verdi	Marco	20/09/1979

Se in Esami vogliamo referenziare la primary key di Studenti dobbiamo prima scegliere se è Matricola o CodiceFiscale!

Differenze con il modello relazionale (2)

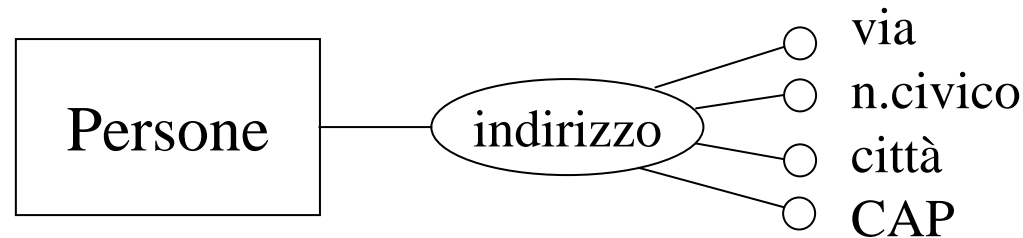
- Nel modello E/R il “riferimento” di un’associazione a un’entità è esplicito nello schema, anche quando non è stato ancora definito alcun identificatore!



- Lo schema mi dice già che
ogni istanza di Esami riferenzia una specifica istanza di Studenti
- Come? A questo livello di dettaglio non è necessario saperlo,
lo possiamo stabilire anche dopo!

Attributi composti

- Sono attributi che si ottengono aggregando altri (sotto-)attributi, i quali presentano una forte affinità nel loro uso e significato
- via, n. civico, città e CAP formano l'attributo composto indirizzo



- Si noti che se A è composto dagli attributi A_1, A_2, \dots, A_n con rispettivi domini D_1, D_2, \dots, D_n , allora il dominio di A è il prodotto Cartesiano $D = D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$
- Un attributo non composto viene anche detto semplice



Attributi e domini: un esempio

- Per l'entità Persone, attributi e i relativi domini sono, ad esempio:

nome: stringa(20)

cognome: stringa(20)

cod_fiscale: stringa(16)

data_di_nascita: giorno \times mese \times anno

titolo_di_studio: stringa(50)

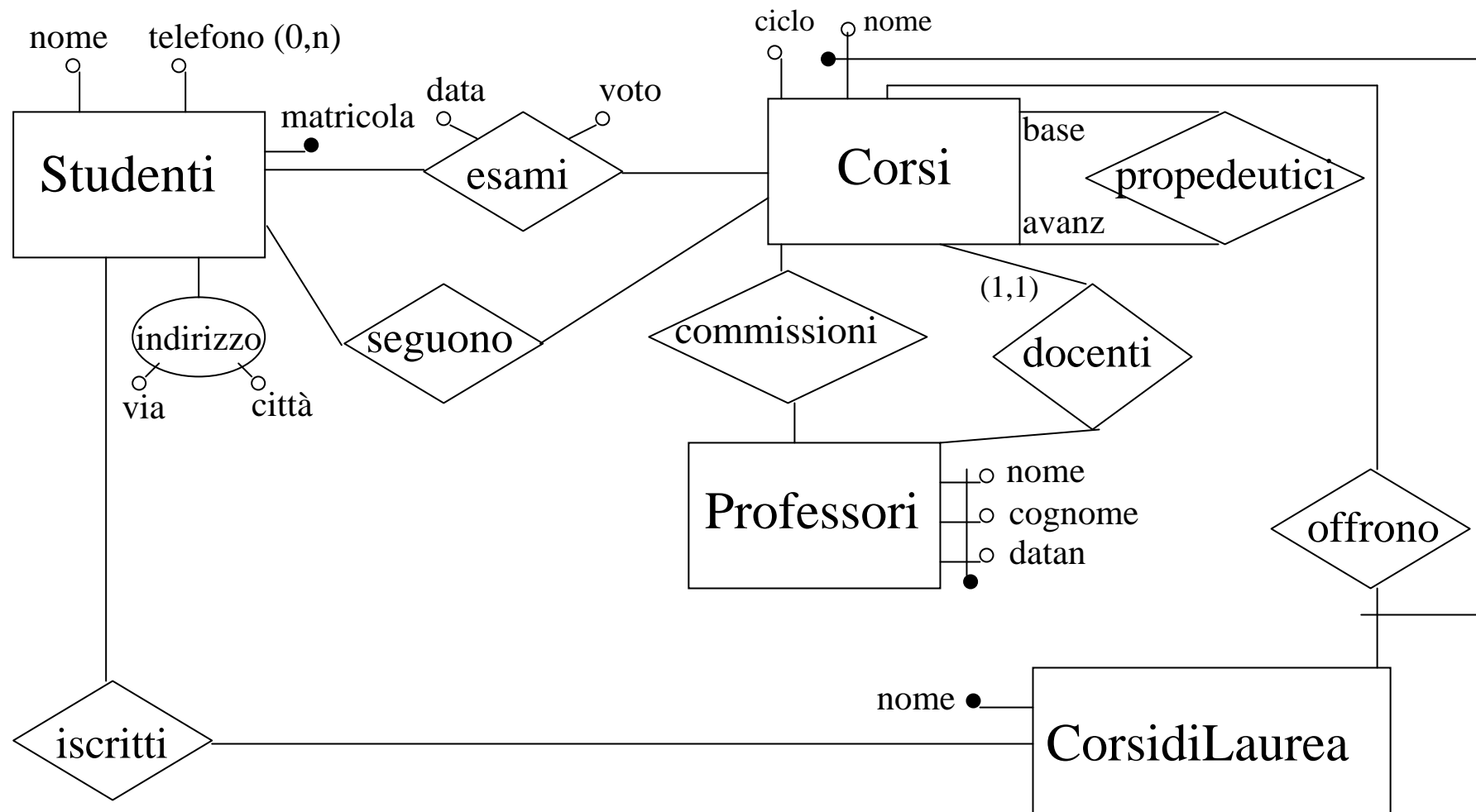
dove i domini giorno, mese, ed anno sono:

giorno = 1, ..., 31

mese = {Gen,Feb,Mar,Apr,Mag,Giu,Lug,Ago,Set,Ott,Nov,Dic}

anno = 1900, ..., 2100

Uno schema E/R (ancora incompleto!)





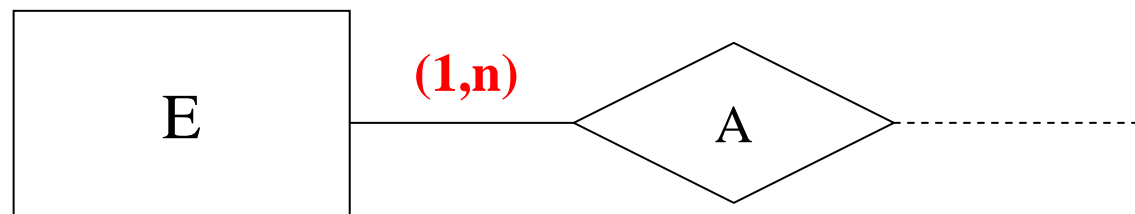
Vincoli nel modello Entity-Relationship

- In ogni schema E/R sono presenti dei vincoli
- Alcuni sono **impliciti**, in quanto **dipendono dalla semantica stessa dei costrutti del modello**:
 - ogni istanza di associazione deve riferirsi ad istanze di entità
 - istanze diverse della stessa associazione devono riferirsi a differenti combinazioni di istanze delle entità partecipanti all'associazione
 - ... ed altri che vedremo
- Altri vincoli sono **espliciti**, e **vengono definiti da chi progetta lo schema E/R** sulla base della conoscenza della realtà che si sta modellando
 - vincoli di cardinalità (per associazioni e attributi)
 - vincoli di identificazione

Associazioni: vincoli di cardinalità

- Sono coppie di valori (**min-card,max-card**) associati a ogni entità che partecipa a un'associazione, che specificano il **numero minimo e massimo di istanze dell'associazione a cui un'istanza dell'entità può partecipare**
- Ad esempio, se i vincoli di cardinalità per un'entità E relativamente a un'associazione A sono (1,n) questo significa:
 - ogni istanza di E partecipa almeno ad una istanza di A
 - **min-card = 1**
 - ogni istanza di E può partecipare a più istanze di A (senza limiti)
 - **max-card = n**

- Graficamente:



Vincoli di cardinalità: un esempio

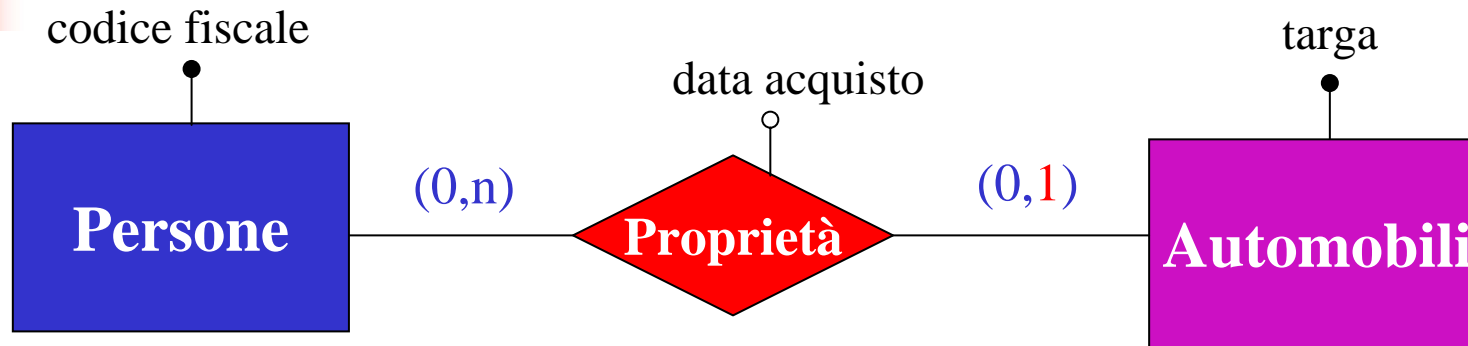


- $\text{min-card}(\text{Automobili}, \text{Proprietà}) = 0$: esistono automobili non possedute da alcuna persona
- $\text{max-card}(\text{Automobili}, \text{Proprietà}) = 1$: ogni automobile può avere al più un proprietario
- $\text{min-card}(\text{Persone}, \text{Proprietà}) = 0$: esistono persone che non posseggono alcuna automobile
- $\text{max-card}(\text{Persone}, \text{Proprietà}) = n$: ogni persona può essere proprietaria di un numero arbitrario di automobili



Si noti che i vincoli si possono stabilire correttamente solo se è ben chiaro cosa rappresentano le diverse entità (analisi della realtà!)

Perché sono importanti?



- Anticipiamo qualcosa, traducendo Proprietà...

Proprietà

CF	DataAcquisto	Targa
BLGSTR71B22	12/08/2004	CT 001 MJ
BLGSTR71B22	15/07/2003	CM 415 EF
FDLNNR66M45	12/06/2003	CL 217 HK
...

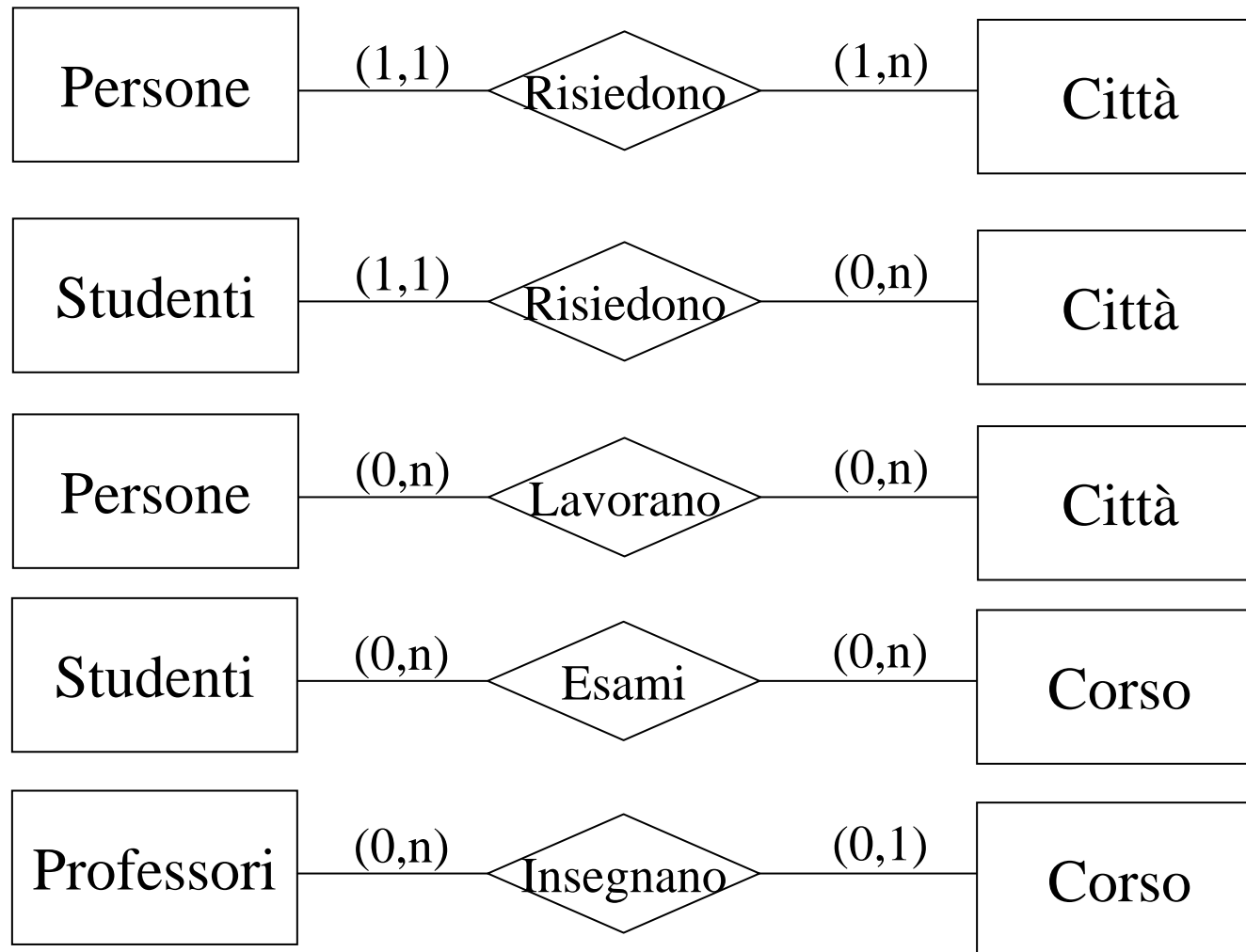
- Un'automobile ha al massimo un proprietario
- Quindi **non esistono valori ripetuti di Targa in Proprietà**
- Quindi **Targa è chiave di Proprietà!**



Tipi di associazione: terminologia

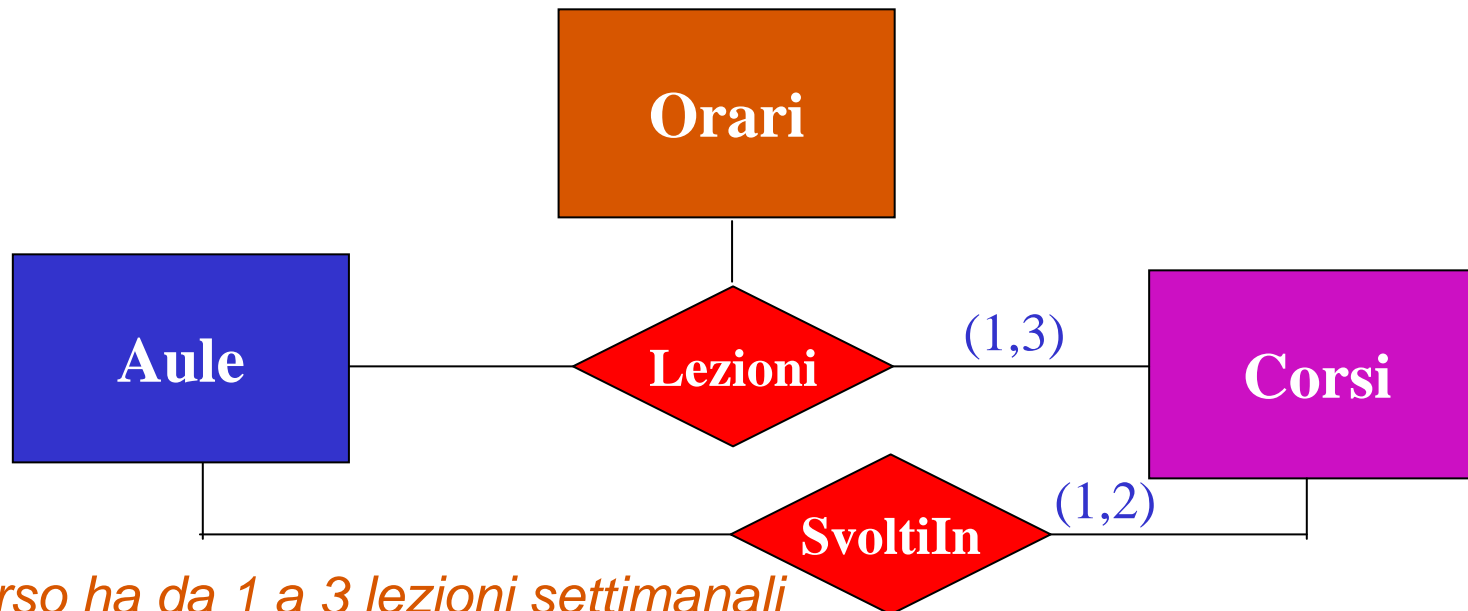
- Nel caso di un'associazione binaria A tra due entità $E1$ ed $E2$ (non necessariamente distinte), si dice che:
 - A è **uno a uno** se le cardinalità massime di entrambe le entità rispetto ad A sono 1
 - A è **uno a molti** se $\max\text{-card}(E1, A) = 1$ e $\max\text{-card}(E2, A) = n$, o viceversa
 - A è **molti a molti** se $\max\text{-card}(E1, A) = n$ e $\max\text{-card}(E2, A) = n$
- Si dice inoltre che:
 - La partecipazione di $E1$ in A è **opzionale** se $\min\text{-card}(E1, A) = 0$
 - La partecipazione di $E1$ in A è **obbligatoria** (o **totale**) se $\min\text{-card}(E1, A) = 1$

Tipi di associazione: esempi



Associazione n-arie

- Quanto visto si estende naturalmente al caso di associazioni di grado > 2



Ogni corso ha da 1 a 3 lezioni settimanali

- Ragionare sui vincoli è in generale meno immediato che nel caso binario

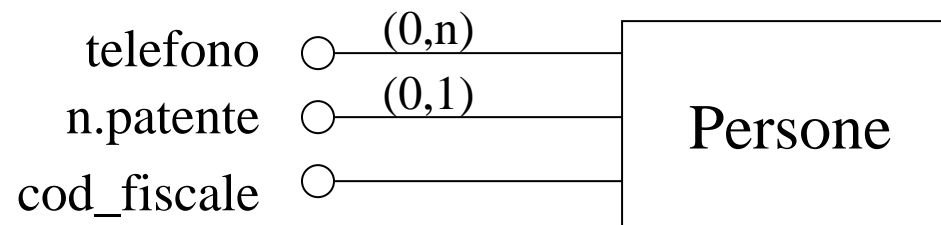
Ogni corso si tiene in non più di 2 aule
- Non riguarda gli Orari, quindi non riguarda Lezioni!
- C'è bisogno di un'associazione specifica tra Corsi e Aule

-
- Diagram illustrating a 1:1 relationship between **Studenti** and **Università** entities, connected by the relationship **Iscritti**.
- Entities and Attributes:**
- Studenti** (Entity): Attributes are **nome** and **cognome**.
 - Università** (Entity): Attributes are **nome** and **indirizzo**.
- Relationship: Iscritti**
- Cardinality: **(1,1)** on the **Studenti** side and **(0,n)** on the **Università** side.
 - Attributes: **matricola** (Primary Key, indicated by a black circle) is associated with the **Studenti** entity.

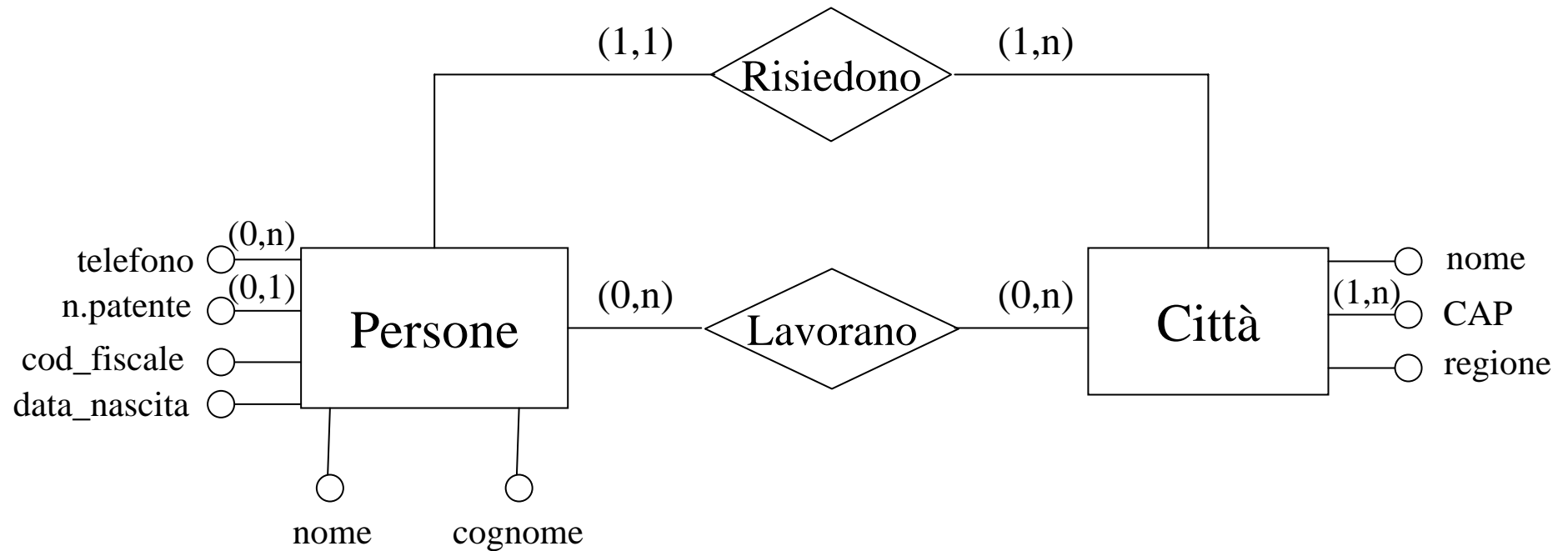
- Modello E/R Sistemi Informativi L-B 41

Attributi: vincoli di cardinalità

- Anche per gli attributi è possibile specificare il numero minimo e massimo di valori dell'attributo che possono essere associati ad un'istanza della corrispondente associazione o entità
- Graficamente si può indicare la coppia (min-card,max-card) sulla linea che congiunge l'attributo all'associazione/entità, o affianco al nome dell'attributo
 - se non si indica niente il valore di default è (1,1)
- Si parla di attributi:
 - **opzionali**: se la cardinalità minima è 0 (es. n. patente)
 - **monovalore**: se la cardinalità massima è 1 (es. cod_fiscale)
 - **multivalore** (o **ripetuti**): se la cardinalità massima è n (es. telefono)

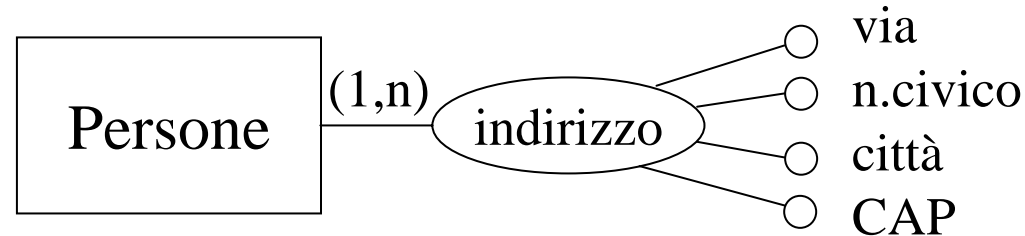


Esempio con vincoli di cardinalità

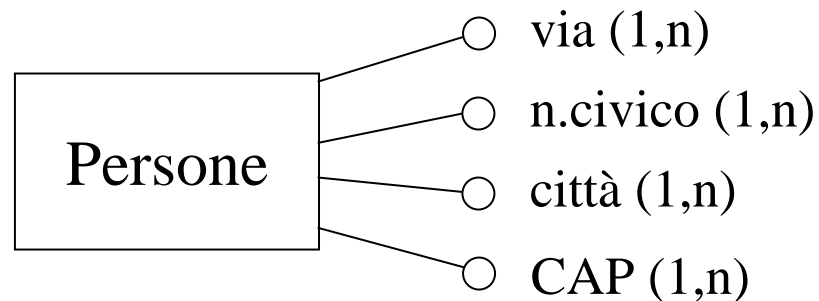


Attributi ripetuti e composti

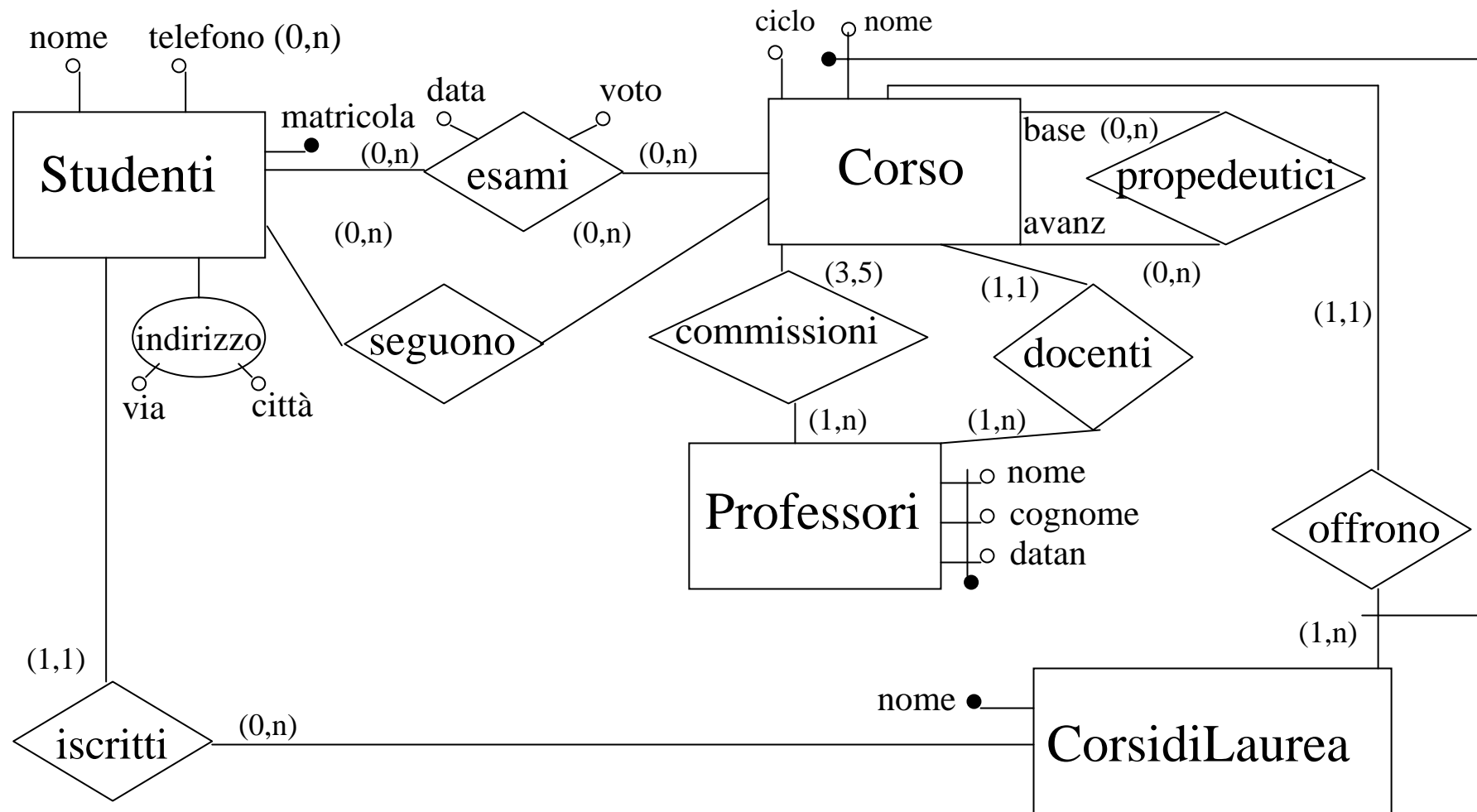
- Nel caso di presenza di più attributi multivalore, la creazione di un attributo composto può rendersi necessaria per evitare ambiguità
- Ad esempio, se una persona ha più indirizzi...



...non si può rappresentarlo così!

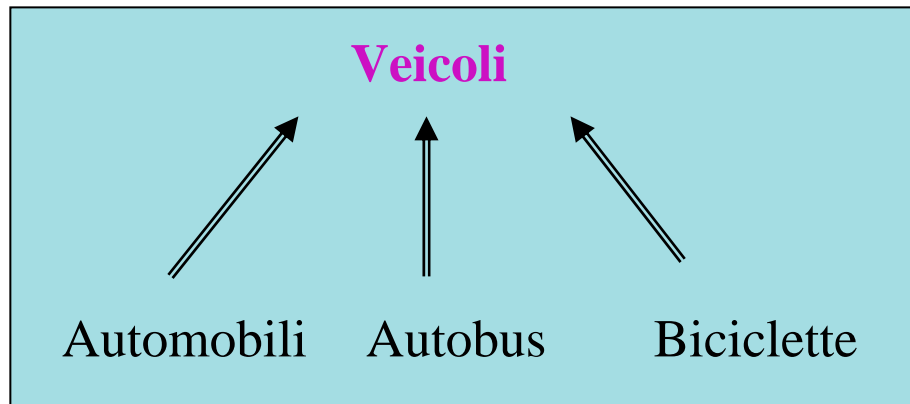


Uno schema E/R completo!

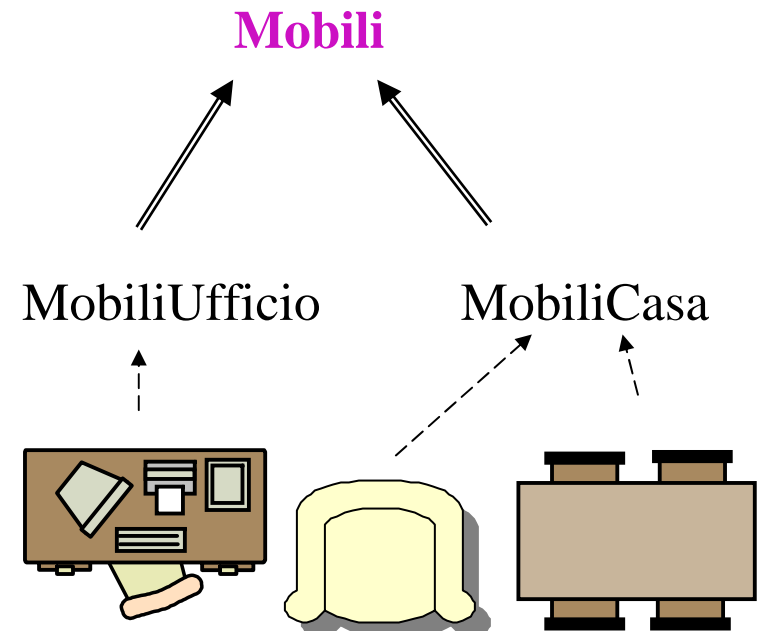


Astrazione di generalizzazione

- Definisce una classe (superclasse) a partire da più classi (sottoclassi)

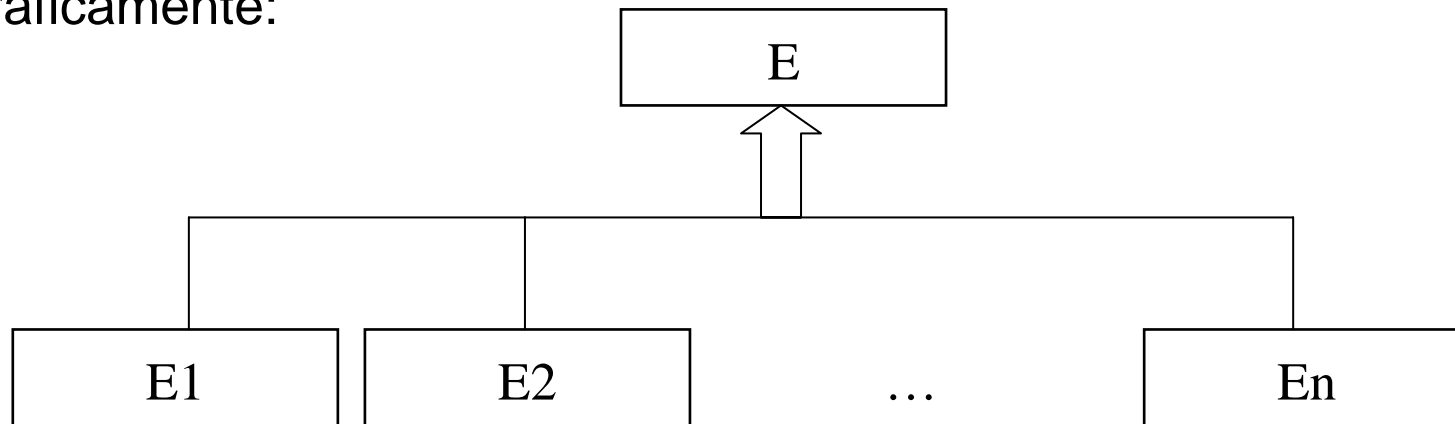


- Le istanze di Automobili sono un sottoinsieme delle istanze di Veicoli, ovvero, ogni automobile **è un** (is a) veicolo
- Ciò che caratterizza un veicolo caratterizza anche ogni suo sottoinsieme, ovvero ogni sottoclasse **eredita** dalla superclasse
- ... ma può anche avere caratteristiche proprie
- La **specializzazione** è il processo inverso



Modello E-R: gerarchie di generalizzazione

- Un'entità E è una **generalizzazione** di un gruppo di entità E1, E2, ..., En se **ogni istanza di E1, E2, ..., En è anche un'istanza di E**
- Le entità E1, E2, ... En sono dette **specializzazioni** di E
- Graficamente:

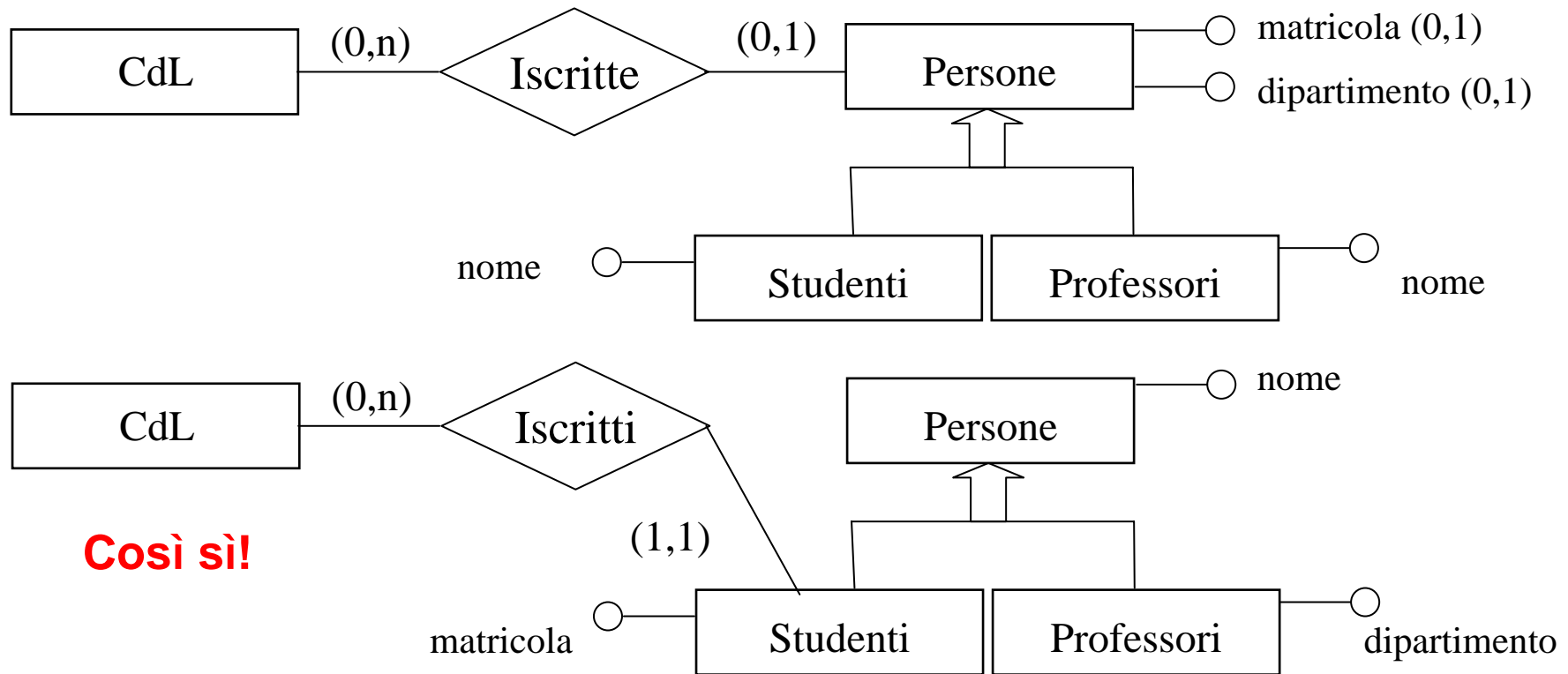


- Le proprietà di E sono **ereditate** da E1, E2, ..., En: **ogni Ei ha gli attributi di E e partecipa alle associazioni definite per E (non vanno quindi replicati nello schema, sarebbe un errore!)**
- Per le gerarchie di generalizzazione va anche specificato il **tipo di copertura...**

Ereditarietà delle proprietà

- Gli attributi vanno riferiti all'entità più generica in cui sono presenti obbligatoriamente; analogamente per le associazioni

Quindi **così non va bene:**



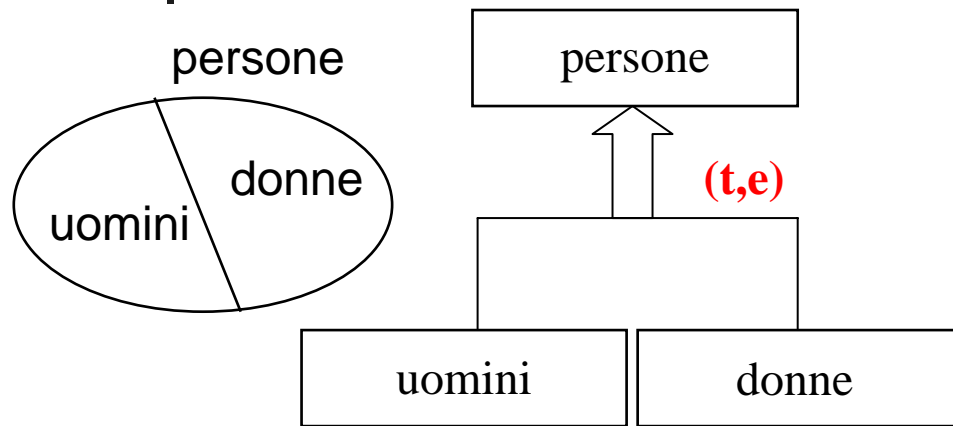


Copertura delle generalizzazioni

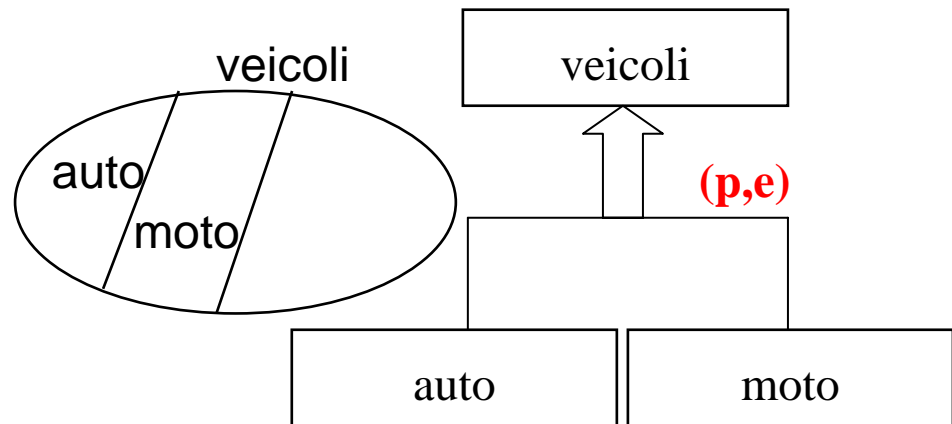
- Le generalizzazioni si caratterizzano per due dimensioni indipendenti
- Confronto fra unione delle specializzazioni e classe generalizzata
 - **totale** se la classe generalizzata è l'unione delle specializzazioni
 - **parziale** se la classe generalizzata contiene l'unione delle specializzazioni
- Confronto fra le classi specializzate
 - **esclusiva** se le specializzazioni sono fra loro disgiunte
 - **sovrapposta (overlapped)** se può esistere una intersezione non vuota fra le specializzazioni
- Sono ovviamente possibili le quattro combinazioni

(t,e)	(p,e)	(t,o)	(p,o)
-------	-------	-------	-------

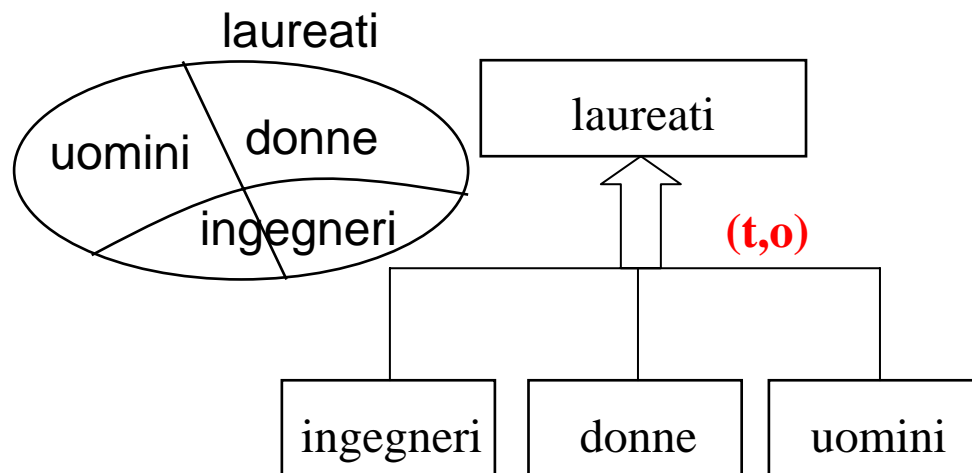
Proprietà di copertura - esempi



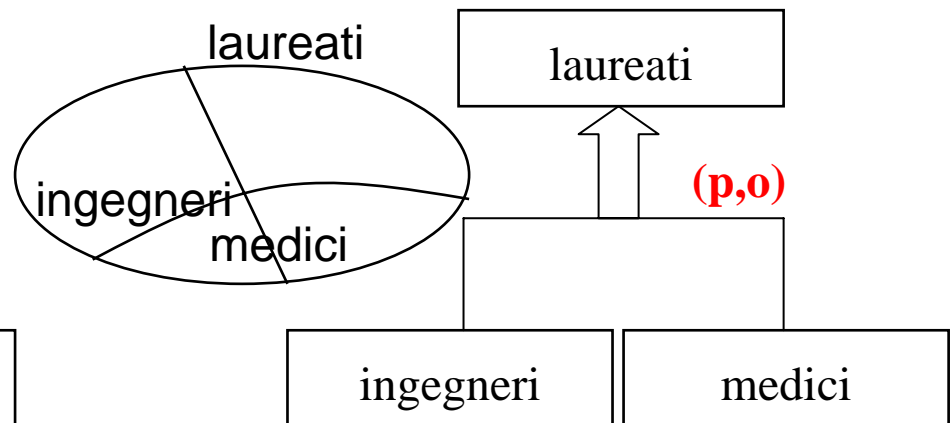
Totale esclusiva



Parziale esclusiva



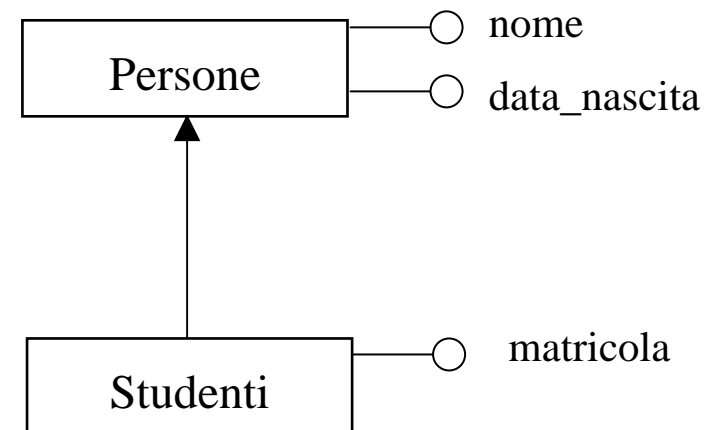
Totale sovrapposta



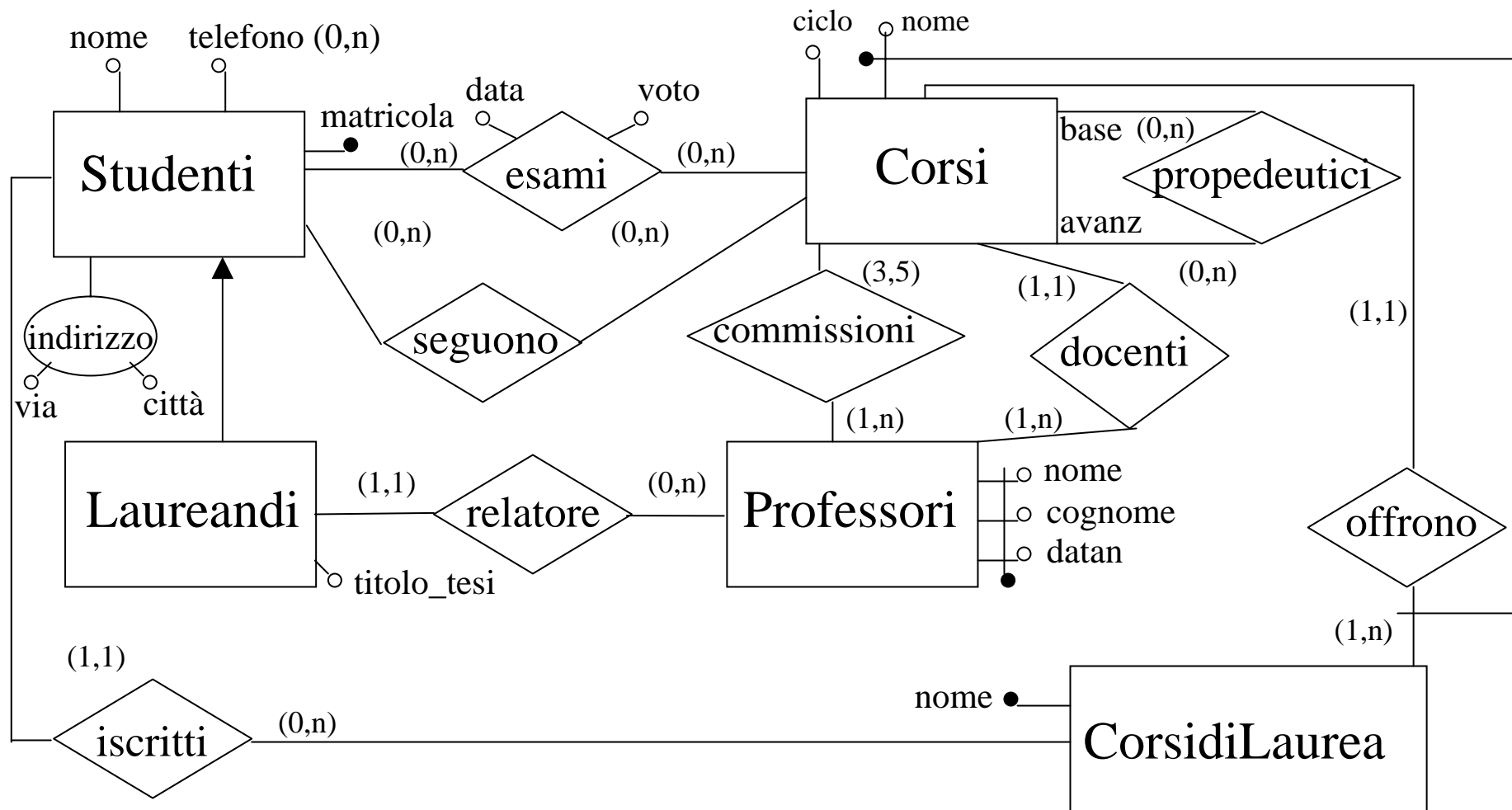
Parziale sovrapposta

Subset

- È un caso particolare di gerarchia in cui si evidenzia una sola classe specializzata
 - Studenti eredita le proprietà di Persone e in più ha la matricola
- Non ha ovviamente senso parlare di tipo di copertura



Uno schema E/R con gerarchie





Esercizi

1. (gerarchie) Le persone hanno CF, cognome ed età; gli uomini anche la posizione militare; gli impiegati hanno lo stipendio e possono essere segretari, direttori o progettisti (un progettista può essere anche responsabile di progetto); gli studenti (che non possono essere impiegati) un numero di matricola; esistono persone che non sono né impiegati né studenti (ma i dettagli non ci interessano)
2. I concetti sinora introdotti per il modello E/R possono essere modellati disegnando uno schema E/R (!?)
 - Ad esempio:
 - Ogni entità ha almeno un identificatore (interno o esterno)
 - Ogni associazione, in base al suo grado, è collegata a n entità
 - Ogni attributo ha un nome (univoco all'interno dell'entità o associazione cui si riferisce)
 - ...e la stessa cosa si può fare per i concetti del modello relazionale!

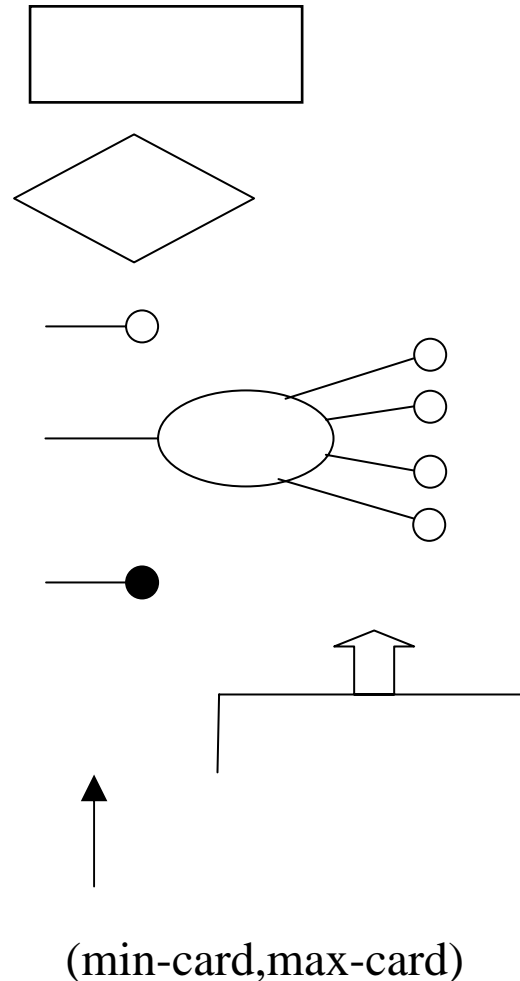


Le astrazioni nel modello E/R

- Riassumendo quanto visto, nel modello E/R i meccanismi di astrazione sono usati come segue:
- **Classificazione**: usata per definire
 - entità (a partire dalle istanze)
 - attributi (a partire dai valori)
- **Aggregazione**:
 - entità (a partire dagli attributi)
 - associazione (a partire da entità e attributi)
 - attributo composto (a partire da altri attributi)
- **Generalizzazione**:
 - gerarchie di generalizzazione

Riassunto della notazione grafica

- Entità
- Associazione
- Attributo
- Attributo composto
- Identificatore
- Gerarchia di generalizzazione
- Subset
- Vincoli di cardinalità





Utilità del modello E/R

- Uno schema E/R è più espressivo di uno schema relazionale, inoltre può essere utilizzato con successo per alcuni compiti diversi dalla progettazione, ad esempio:
- **Documentazione:**
 - La simbologia grafica del modello E/R può essere facilmente compresa anche dai non “addetti ai lavori”
- **Reverse engineering:**
 - A partire da un DB esistente si può fornirne una descrizione in E/R allo scopo di meglio analizzarlo ed eventualmente reingegnerizzarlo
- **Integrazione di sistemi:**
 - Essendo indipendente dal modello logico dei dati, è possibile usare il modello E/R come “linguaggio comune” in cui rappresentare DB eterogenei, allo scopo di integrarli



Limiti del modello E/R

- Per contro, per quanto più espressivo di uno schema relazionale, uno schema E/R non è sufficiente a rappresentare tutti gli aspetti di interesse
- I limiti sono di due tipi:
 - i nomi dei vari concetti possono non essere sufficienti per comprenderne il significato
 - non tutti i vincoli di integrità sono esprimibili in uno schema E/R
 - Ad esempio:
 - per sostenere un esame è necessario avere sostenuto tutti gli esami propedeutici
 - un laureando deve aver sostenuto almeno tutti gli esami dei primi 2 anni
- In fase di progettazione bisogna quindi “corredare” lo schema con una documentazione appropriata e successivamente prendere delle misure per far rispettare tali vincoli...



Riassumiamo:

- Il **modello E/R** è un modello concettuale molto utilizzato per la **progettazione di basi di dati**
- Esistono molti **dialetti** E/R, che spesso si differenziano solo per la notazione grafica adottata
- I principali costrutti del modello sono l'**entità**, l'**associazione** e l'**attributo**, a cui si aggiungono **identificatori**, **gerarchie** e **vincoli di cardinalità**
- L'espressività del modello E/R non è normalmente sufficiente in fase di progettazione, il che comporta la necessità di documentazione di supporto
- Va infine ricordato che, **come conoscere un linguaggio di programmazione non significa di per sé saper programmare, così conoscere il modello E/R non significa saper progettare basi di dati! ...ma è comunque un buon punto di partenza :-)**