



Il modello Entity-Relationship

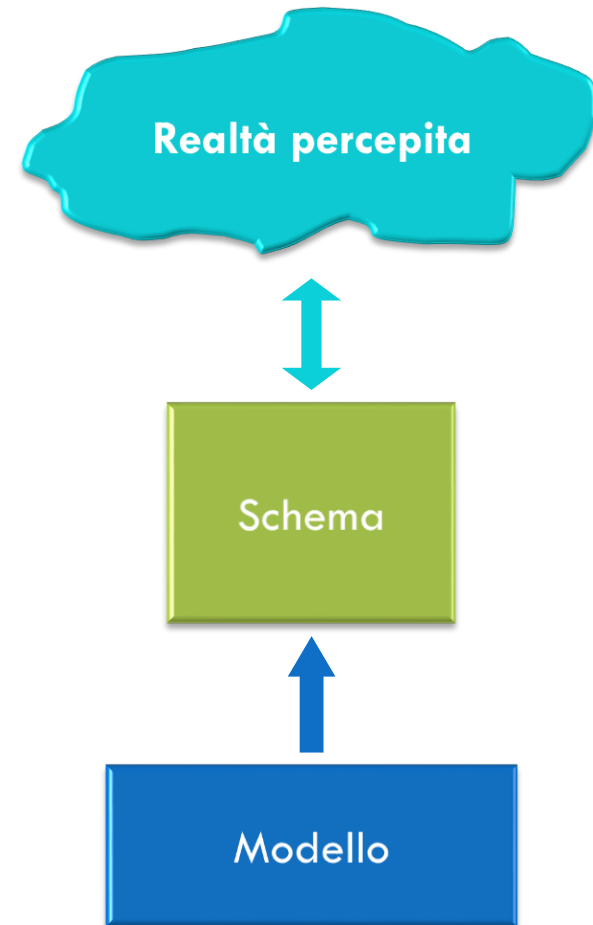
Annalisa Franco, Dario Maio
Università di Bologna

Modelli dei dati: logici vs concettuali

- Un modello dei dati è una collezione di concetti che sono utilizzati per descrivere i dati, le loro associazioni, e i vincoli che questi devono rispettare.
- Un ruolo di primaria importanza nella definizione di un modello dei dati è svolto dai meccanismi che possono essere usati per strutturare i dati.
 - ▣ **Modelli logici:**
 - utilizzati nei DBMS per l'organizzazione dei dati;
 - utilizzati dai programmi - indipendenti dalle strutture fisiche.
 - ▣ **Modelli concettuali:** permettono di rappresentare i dati in modo indipendente da ogni particolare sistema;
 - cercano di descrivere i concetti del mondo reale;
 - sono utilizzati nelle fasi preliminari di progettazione.

I modelli concettuali dei dati

- Lo scopo è ^{creare} ~~pervenire a~~ uno schema che rappresenti la realtà di interesse in modo indipendente dal DBMS.
- Si cerca un livello di astrazione “intermedio” tra sistema e utenti, che sia al tempo stesso:
 - ▣ flessibile
 - ▣ intuitivo
 - ▣ espressivo
- caratteristiche che mancano ai modelli logici.
- I modelli concettuali prevedono tipicamente una rappresentazione grafica, che risulta anche utile come strumento di documentazione e comunicazione.
- Il più noto modello concettuale in ambito DB è il modello E/R.



Il modello Entity-Relationship

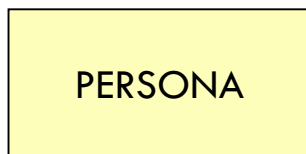
- ❑ Proposto originariamente da **Peter Pin-Shan Chen nel 1976** rappresenta oggi uno “standard de facto” per la progettazione concettuale di una base dati.
- ❑ Spesso si usano i termini EER o ERD intendendo una versione estesa, in termini di costrutti, rispetto al modello originario Entity-Relationship (E/R o E-R).
- ❑ È caratterizzato da una rappresentazione grafica intuitiva che consente di disegnare schemi E/R facilitando la comprensione e l'interpretazione dei requisiti informativi modellati.
- ❑ Esistono molti dialetti E/R che presentano alcune differenze in termini di costrutti e di notazione grafica adottata.
- ❑ In questa sede si illustra un'estensione del modello originario che si differenzia sia nelle definizioni sia in parte nella rappresentazione grafica.
- ❑ Sono oggi disponibili molteplici tool di ausilio alla progettazione di DB relazionali che impiegano varianti del modello E/R.

Costrutti del modello E/R

- **Concetti fondamentali** del modello E/R
 - ▣ **Entità** (entity)
 - ▣ **Associazione** (relationship)
 - ▣ **Attributo** (attribute)
- **e inoltre:**
 - ▣ **Vincolo di cardinalità** (cardinality constraint)
 - ▣ **Identificatore** (identifier)
 - ▣ **Gerarchia di generalizzazione** (generalization)

Entità

- Un'entità rappresenta una classe (insieme) di oggetti della realtà di interesse che possiedono caratteristiche comuni (es. persone, automobili, ...) e che hanno esistenza “autonoma” (ovvero indipendente dalle proprietà ad esse associate).
- Graficamente un'entità si rappresenta con un rettangolo al cui interno è evidenziata la denominazione dell'entità stessa:



- **N.B.** È **fortemente sconsigliato** usare sigle (es. E001, E002...) in luogo di denominazioni “parlanti” per denotare entità. Fanno eccezioni le sigle note nel dominio applicativo. Considerazioni analoghe valgono per gli attributi e le associazioni.
- **N.B.** Si ricorda che in matematica per definizione **un insieme non può avere elementi ripetuti**, cosa che è invece consentita in un multiinsieme (multiset, bag).

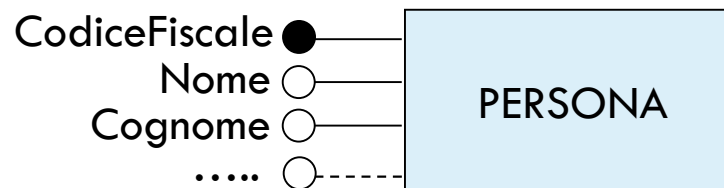
Livello intensionale

Il livello intensionale di un'entità in uno schema ER si riferisce alla definizione della struttura e delle proprietà dell'entità, senza considerare le specifiche istanze che possono essere presenti nel database.

- Lo schema che rappresenta un'entità, ne descrive la struttura, cioè l'aspetto intensionale. A livello intensionale un'entità non è rappresentata facendo esplicito riferimento alle sue singole istanze in un certo stato osservabile; si fa invece ricorso all'astrazione di “classificazione” riconoscendo che le possibili istanze dell'entità in ogni stato osservabile sono caratterizzate da proprietà comuni.



- A questo livello intensionale si può parlare di “prototipo” d'istanza di entità: ad esempio “p è un'istanza ammissibile nell'estensione di PERSONA”. E se ne può parlare anche prescindendo dai valori delle proprietà (attributi), che dovranno essere poi specificate nello schema E/R, sempre a livello intensionale.



Livello estensionale: istanze di un'entità

- Un'istanza (elemento, occorrenza) di un'entità (in una sua estensione) è uno specifico oggetto appartenente all'insieme che quella entità rappresenta.

PERSONA



BNCFLV80L70H501G, FLAVIA, BIANCHI, ROMA, ...

istanza di PERSONA

AUTOMOBILE



EP125WF, 12/11/2015, MERCEDES, GASOLIO, ...

istanza di AUTOMOBILE

LIBRO



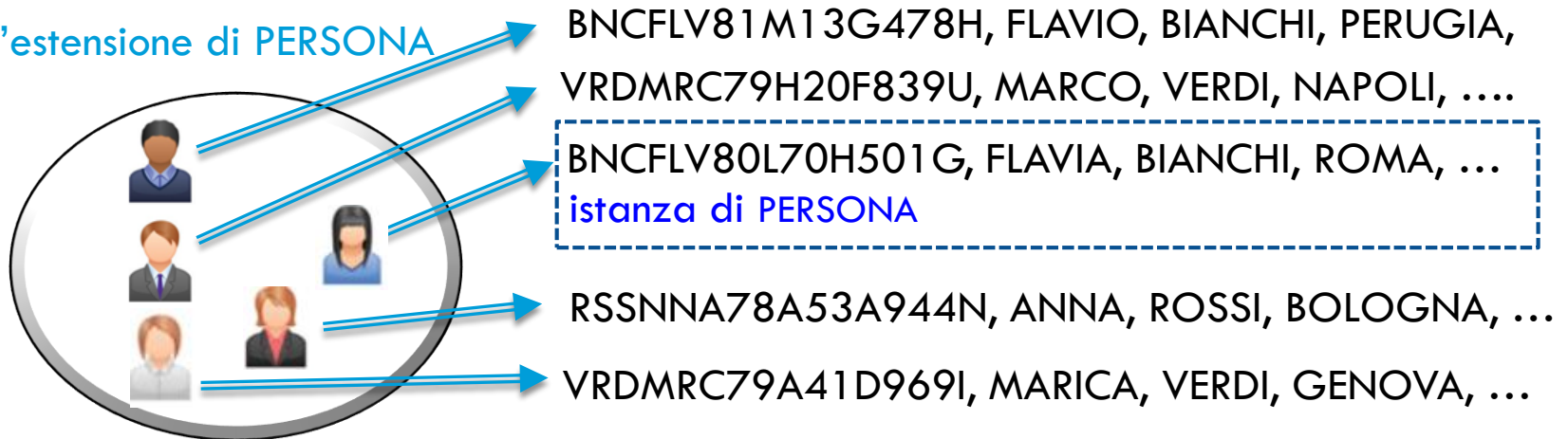
006.42.B008, Il barone rampante, ITALO, CALVINO, ...

istanza di LIBRO

Estensione di un'entità

- Da quanto finora detto ne discende che a livello estensionale un'entità (più precisamente un'istanza dello schema che rappresenta un'entità) è un insieme di istanze (occorrenze, elementi) ammissibili per quella entità; dunque, un'estensione di un'entità a un certo tempo è un insieme di specifici oggetti.

Un'estensione di PERSONA



N.B. Quando si rappresenta un'estensione di un'entità (es. PERSONA) spesso si denota una specifica persona con una "etichetta" (es. p_5), una notazione sintetica per indicare l'intero oggetto ("in carne e ossa") ed esprimere che p_5 è un'istanza di PERSONA ed è distinguibile dalle altre nell'estensione esaminata.

Associazione

- Un'associazione (detta anche relazione e in inglese *relationship*) 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; dunque una ennupla costituita da occorrenze di entità, una per ogni entità coinvolta nell'associazione.
- Graficamente un'associazione si rappresenta con un rombo al cui interno ne viene evidenziata la denominazione. Un esempio di associazione binaria:



- Se *p* è un'istanza di *Persona* e *c* è un'istanza di *Città*, allora la coppia (*p*, *c*) è un'istanza dell'associazione *Residenza*.
- Anche per le associazioni è buona norma far ricorso a *denominazioni autoesplicative* dei concetti che si vuole rappresentare.

Associazione: a livello di istanze... (1)

Rappresentazione a livello intensionale.



N.B. Per semplicità, per non appesantire la notazione si usa lo stesso nome per indicare un'entità (o un'associazione) a livello intensionale e a livello estensionale.

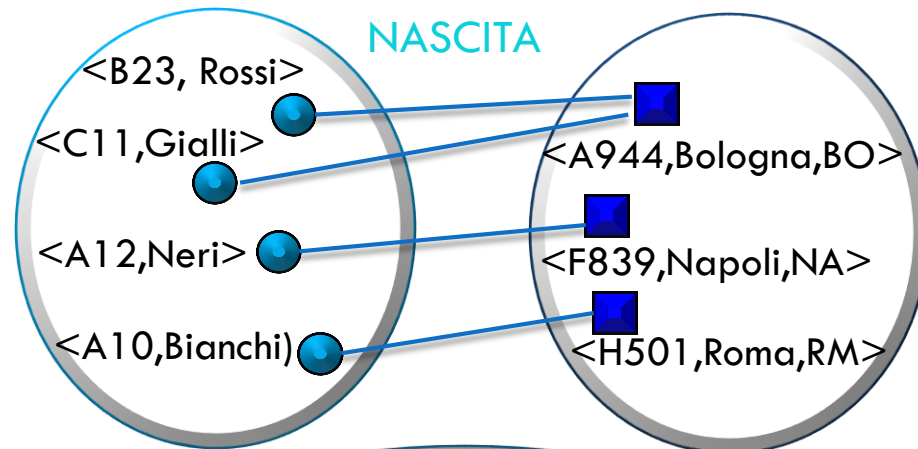
Ogni legame rappresenta una coppia di istanze (p, c) e l'estensione dell'associazione **NASCITA** per l'esempio in esame può essere visualizzabile utilizzando una classica rappresentazione insiemistica.

Rappresentazione a livello estensionale
per un possibile stato dell'associazione **NASCITA**.

PERSONA

CITTÀ

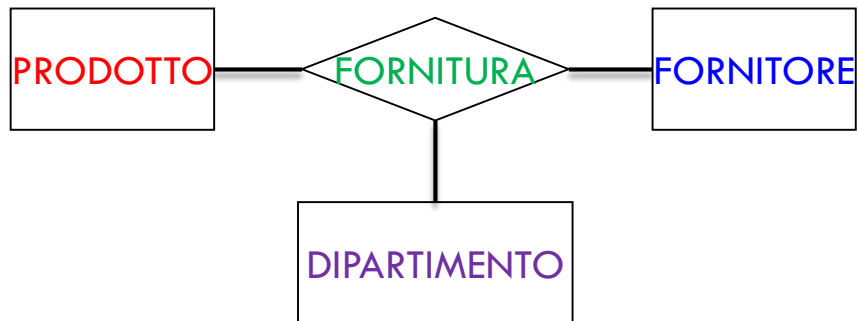
NASCITA



(<B23, Rossi>, <A944, Bologna, BO>)
(<C11, Gialli>, <A944, Bologna, BO>)
(<A12, Neri>, <F839, Napoli, NA>)
(<A10, Bianchi>, <H501, Roma, RM>)

Associazione: a livello di istanze... (3)

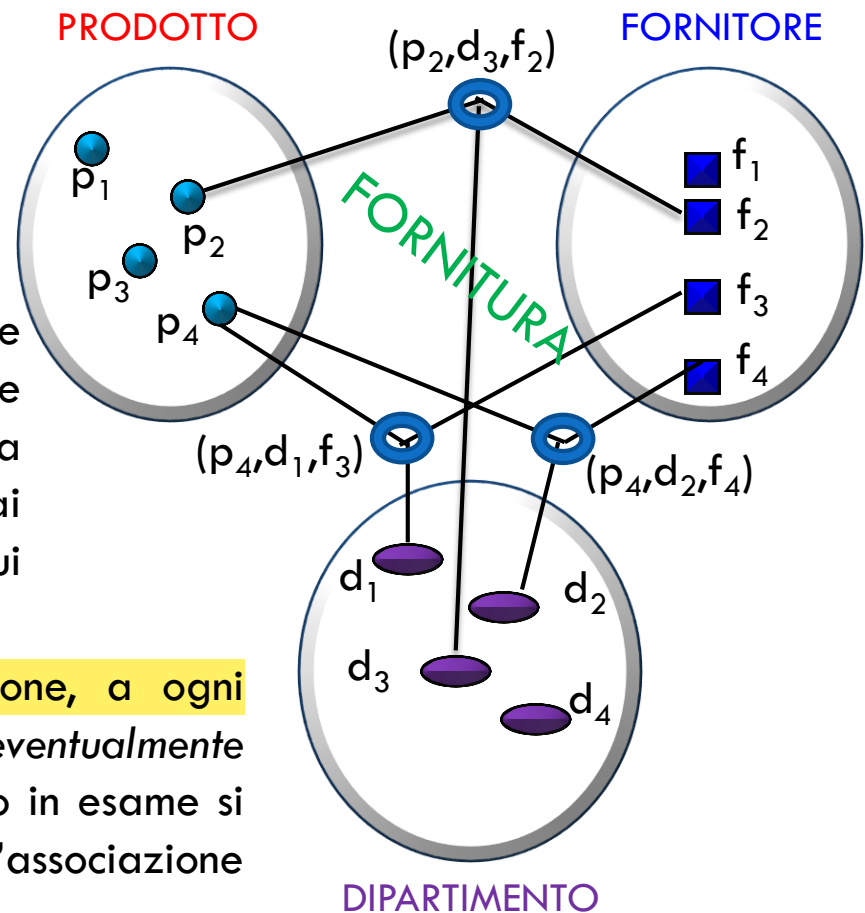
Rappresentazione a livello intensionale.



Si ricorda che il simbolo usato per indicare un'istanza (es. p_1) rappresenta una notazione sintetica per indicare l'intero oggetto che a livello estensionale sarà caratterizzato dai valori delle proprietà definite per l'entità a cui appartiene.

N.B. Per ogni attributo definito sull'associazione, a ogni legame associativo si aggiunge un valore (eventualmente assente se l'attributo è opzionale). Per l'esempio in esame si provi a visualizzare un'estensione dell'associazione definendo l'attributo **Quantità** per **FORNITURA**.

Rappresentazione a livello estensionale per un possibile stato dell'associazione **FORNITURA**.

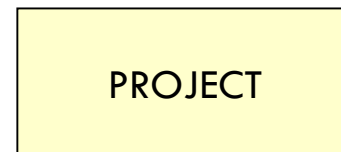


Note sulla definizione di entità

- Nel lavoro di Peter Chen, e anche in testi e tool di design, la definizione di entità è sostanzialmente diversa (e forse più aderente al significato che il termine ha nel linguaggio comune) da quella adottata in questa sede e in molti testi sulle basi di dati:
 - ▣ **entity** (entità) è un oggetto "che esiste nella nostra mente" che si distingue da altri oggetti;
 - ▣ le entità sono classificate in differenti **entity set** (insiemi che possono essere non disgiunti);
 - ▣ un **entity set** si rappresenta con un rettangolo al cui interno è evidenziata la denominazione dell'insieme di entità.

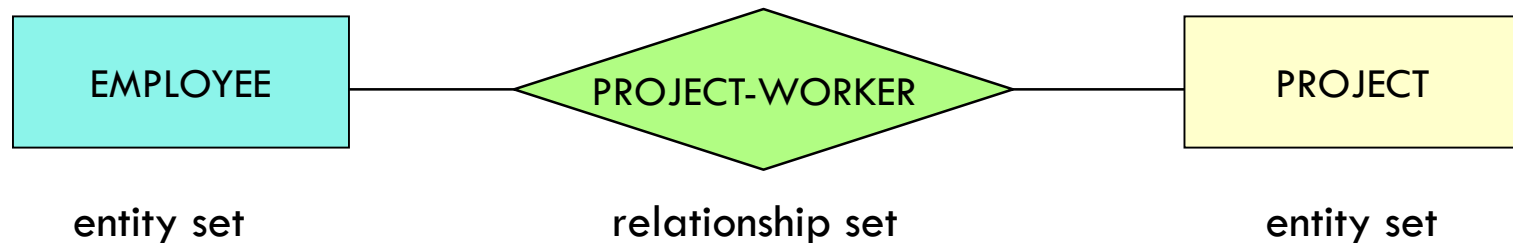


Esempi di entity set



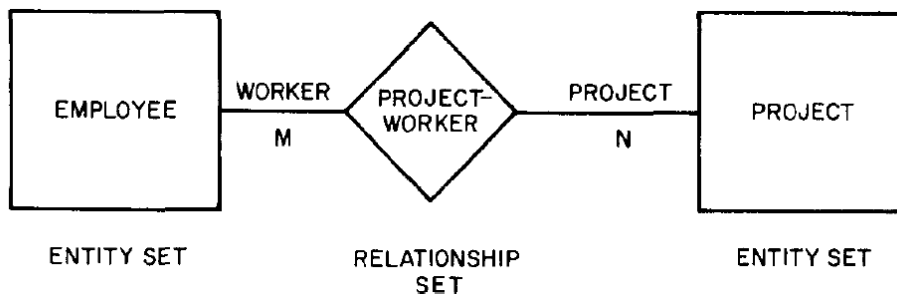
Note sulla definizione di associazione

- Nel lavoro di Peter Chen, di conseguenza, anche la definizione di associazione è diversa da quella adottata:
 - ▣ **relationship set** è una relazione matematica fra n entità
 $\{ [e_1, e_2, \dots, e_n] \mid e_1 \in E_1, e_2 \in E_2, \dots, e_n \in E_n \}$ dove
 e_i è una generica entità;
 E_i un generico entity set (gli E_i possono essere non distinti);
 $[e_1, e_2, \dots, e_n]$ è una ennupla di entità detta **relationship**.
 - ▣ Un relationship set si rappresenta con un rombo al cui interno è evidenziata la denominazione dell'insieme delle ennuple di entità.



Definizioni a confronto (1)

- Un esempio di diagramma entity-relationship riportato nel lavoro di Chen che introduce il modello E/R, con relativa indicazione del tipo di relationship set.



The relationship set PROJECT-WORKER is an m:n mapping, that is, each project may have zero, one, or more employees assigned to it and each employee may be assigned to zero, one, or more projects.

Fonte: P. Chen, [The Entity Relationship Model: Toward a Unified View of Data](#)

Definizione adottata	Definizione di Peter Chen
entità	entity set
istanza di entità	entity
associazione (a livello di entità)	relationship set
istanza di associazione (a livello di istanze di entità)	relationship

Definizioni a confronto (2)

- Un'altra definizione ricorrente nella letteratura sul modello E/R è quella riportata nel testo R.A. Elmasri, S. B. Navathe - Fundamentals of Database Systems, Pearson ed.

Definizione adottata	Definizione di Elmasri-Navathe
entità	entity type (livello intensionale)
entità	entity set (livello estensionale)
istanza di entità	entity
associazione (a livello di entità)	relationship type
associazione (a livello di istanze)	relationship set
istanza di associazione	relationship instance

In questa sede, in conformità alle definizioni date nel testo di riferimento a cura di Atzeni et al., si usa lo stesso nome per indicare **un tipo di entità** e **un insieme di entità**, e analogamente per le associazioni. Ad esempio **IMPIEGATO** denota sia un tipo di entità sia l'insieme corrente delle sue istanze.

Denominazione di un'entità: note

- ❑ Il nome di un'entità deve essere univoco all'interno di uno schema.
- ❑ Non esiste una convenzione universalmente accettata per il nome da assegnare a un'entità.
- ❑ Se si vuole porre l'accento sull'aspetto intensionale, ovvero sul concetto di entità, come rappresentativo del generico oggetto di una classe, allora è preferibile, **ove possibile**, usare un sostantivo al singolare (convenzione molto diffusa).
- ❑ Se invece si vuole dare risalto all'aspetto estensionale, cioè all'insieme di oggetti, allora **potrebbe essere più indicato un sostantivo al plurale**. (ma non lo utilizziamo)
- ❑ La convenzione adottata in questa sede (quasi sempre...) consiste nell'uso di **un sostantivo al singolare**.
- ❑ Per rendere uno **schema** più leggibile si preferisce, inoltre, **scrivere il nome di un'entità in maiuscolo**.
- ❑ Dunque:

PERSONA

denominazione preferibile a

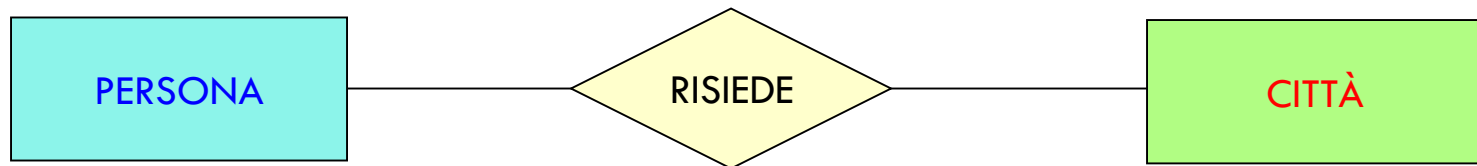
PERSONE

Denominazione di un'associazione: note

- Il nome di un'associazione deve **essere univoco all'interno di uno schema**.
- È preferibile usare un sostantivo al singolare per denotare un'associazione, invece di un verbo o di una composizione di nomi di entità; in questo modo non si evidenzia una direzionalità nella lettura dello schema.



preferibile a



- Sconsigliato l'uso di denominazioni che abbinano i nomi dell'entità partecipanti.



- Che cosa rappresenta? ESAME, ISCRIZIONE, FREQUENZA o ...?

Istanze di associazioni

- 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 possono esservi istanze ripetute in un'associazione.



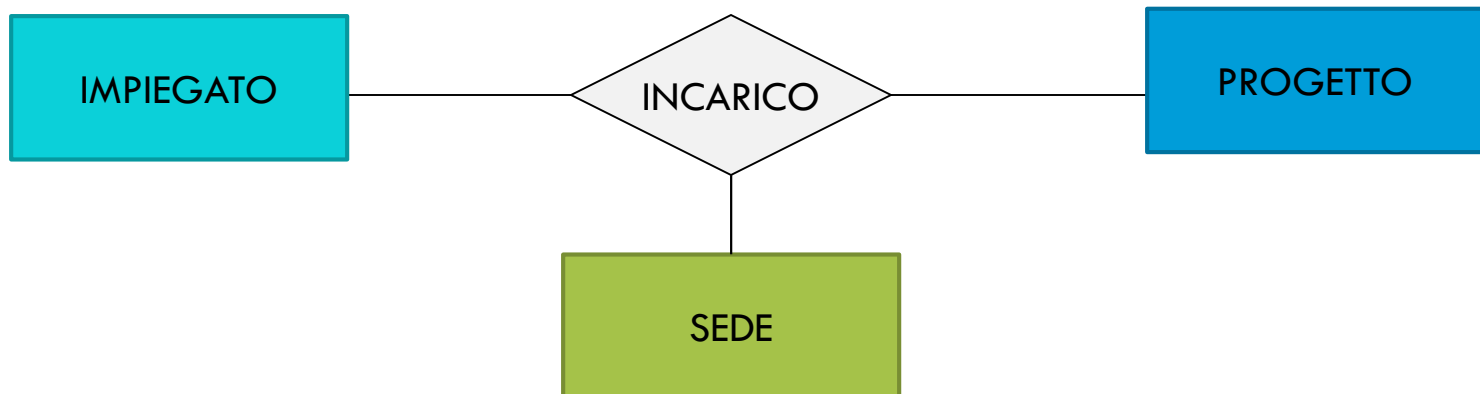
- Se p è un'istanza di **PAZIENTE** e m un'istanza di **MEDICO**, la coppia (p, m) può comparire un'unica volta nell'insieme delle istanze di **VISITA**.
- Vedremo più avanti come rappresentare la possibilità da parte di un paziente di essere visitato più volte da uno stesso medico e, analogamente, come uno studente possa sostenere più volte l'esame relativo a un medesimo corso!
- N.B. A volte per brevità si dice “ p è una **PERSONA**” intendendo che è un'istanza dell'entità **PERSONA**.

Grado delle associazioni

- Un'associazione **n-aria** coinvolge **n** entità, non necessariamente distinte. Il **grado di un'associazione** è il numero di istanze di entità che sono coinvolte in un'istanza dell'associazione.
- **Associazione binaria**: **grado** = 2 (un'istanza dell'associazione è una coppia di istanze di entità).

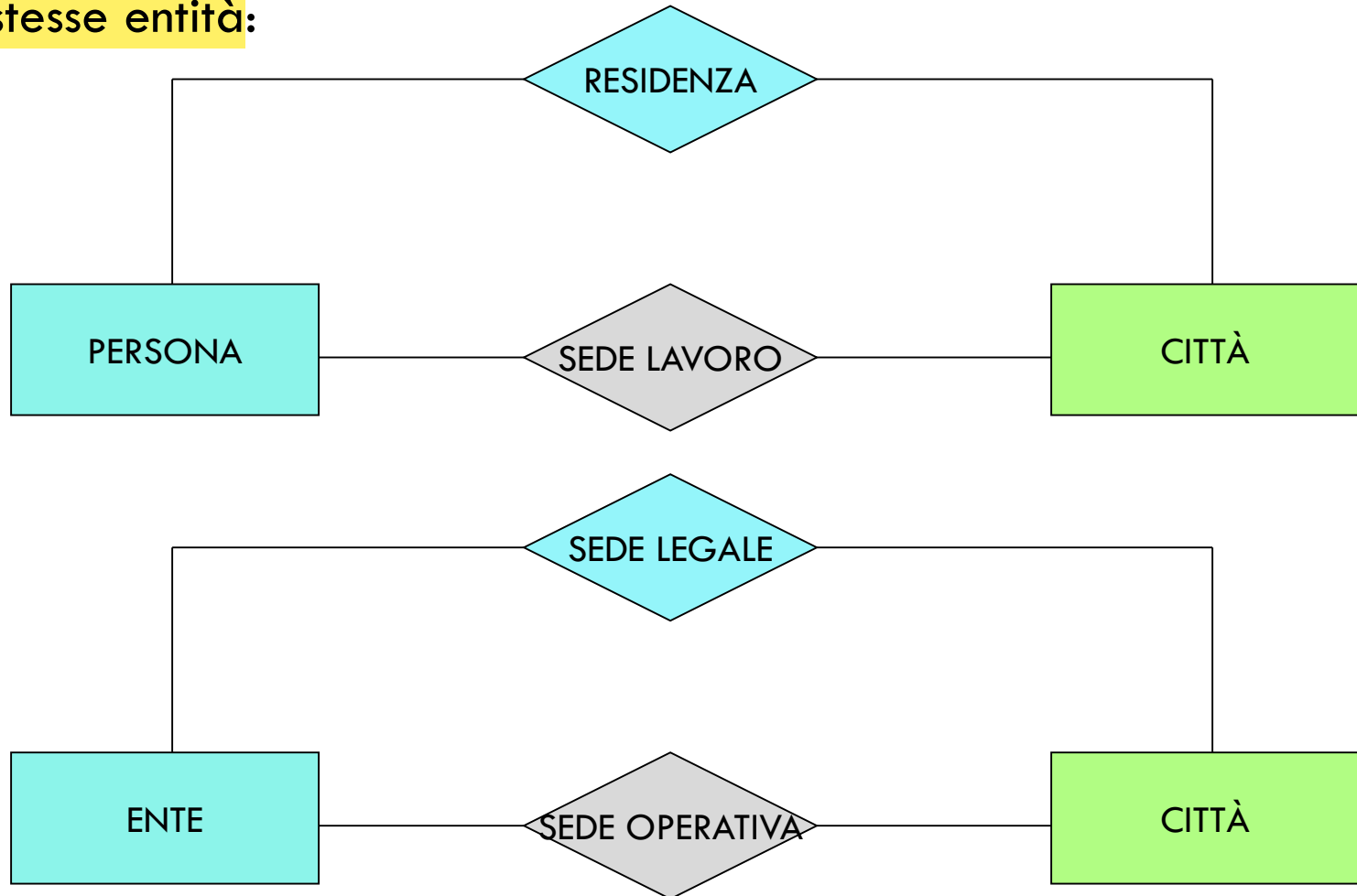


- **Associazione ternaria**: **grado** = 3 (un'istanza dell'associazione è una tripla di istanze di entità).



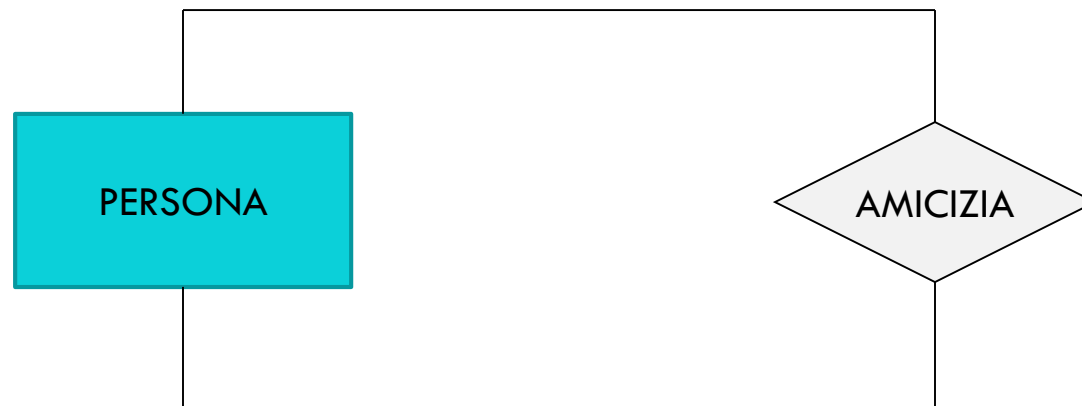
Più associazioni tra le stesse entità

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



Associazioni ad anello (1)

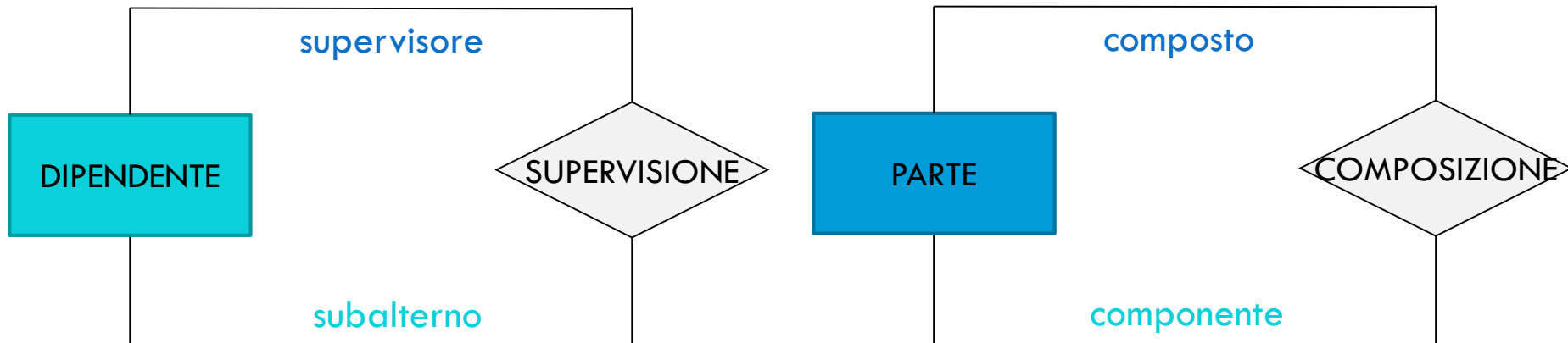
- Un'associazione ad anello lega un'entità con sé stessa, e quindi mette in relazione tra loro le istanze di una stessa entità:



- Un'associazione ad anello può essere o meno:
 - ▣ Simmetrica: $(a,b) \in A \Rightarrow (b,a) \in A$ le istanze posso svolgere entrambi i ruoli
 - ▣ Riflessiva: $(a,a) \in A$
 - ▣ Transitiva: $(a,b) \in A, (b,c) \in A \Rightarrow (a,c) \in A$
- Com'è l'associazione AMICIZIA?

Associazioni ad anello (2)

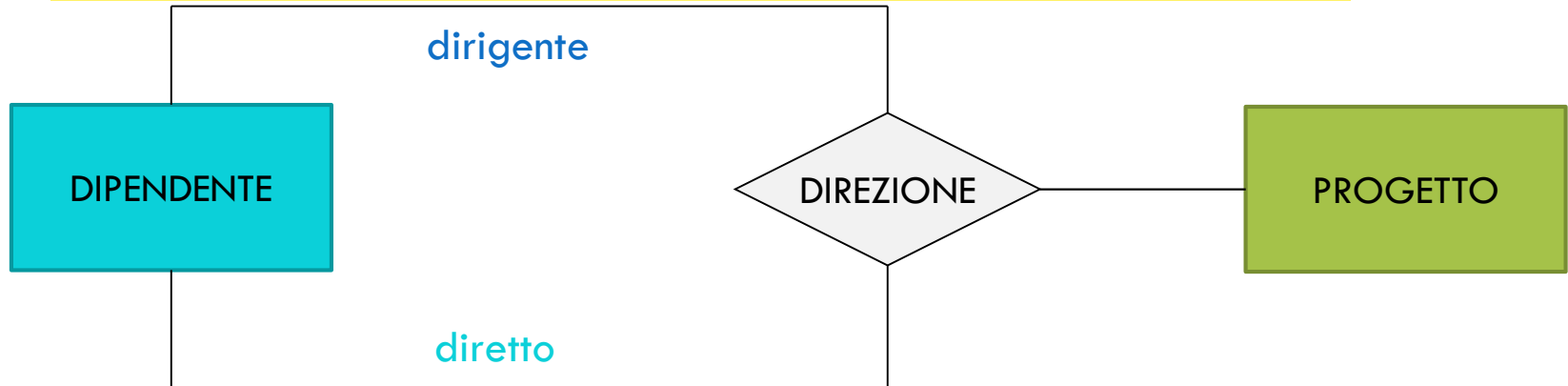
- Nelle associazioni ad anello non simmetriche è necessario specificare, per ogni ramo dell'associazione, il relativo ruolo:



- L'importanza di evidenziare i ruoli diventa evidente per esprimere correttamente i vincoli di cardinalità delle associazioni.
- Le associazioni ad anello possono essere ricorsive, come sarà mostrato in seguito con alcuni esempi.

Associazioni ad anello (3)

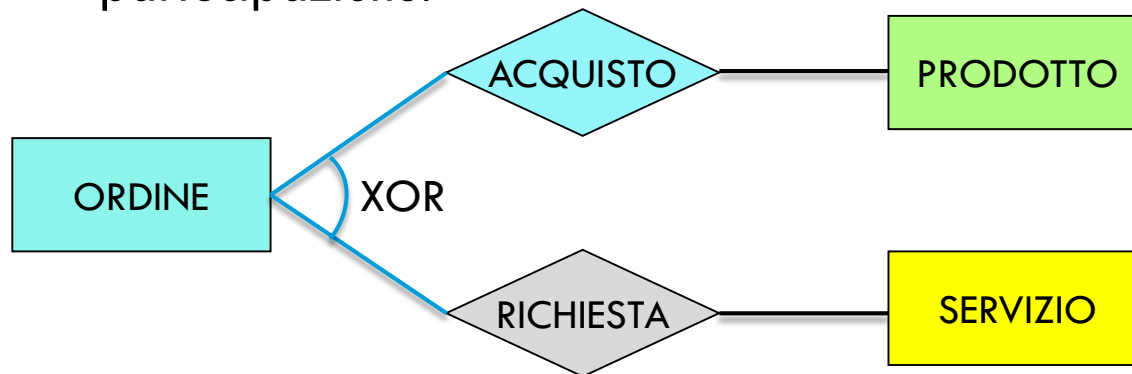
- È possibile avere anelli anche in relazioni n-arie generiche ($n > 2$):



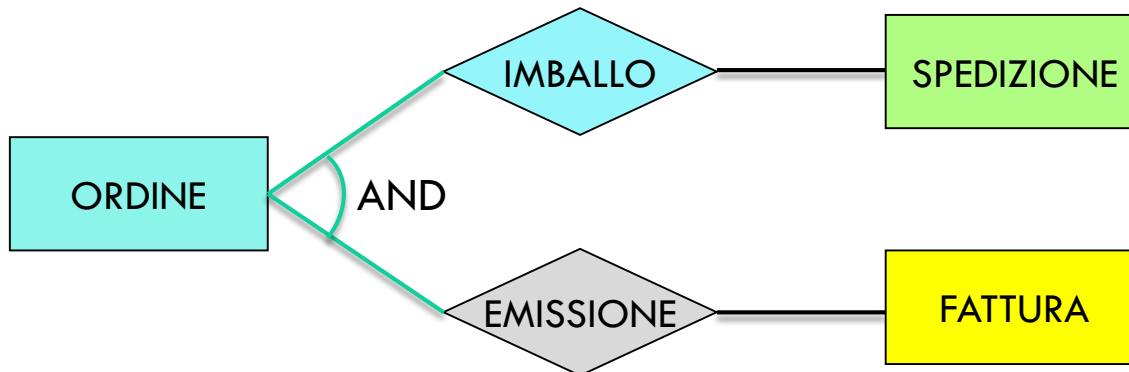
- Il significato di un'istanza dell'associazione $(d1, d2, p)$ è:
 - ▣ il dipendente $d1$ dirige il dipendente $d2$ all'interno del progetto p
o in maniera equivalente
 - ▣ il dipendente $d2$ è diretto dal dipendente $d1$ all'interno del progetto p

Associazioni XOR/AND

- In alcune estensioni del modello E/R è possibile, qualora la medesima entità partecipi in associazione con altre entità, specificare ulteriori tipi di partecipazione.

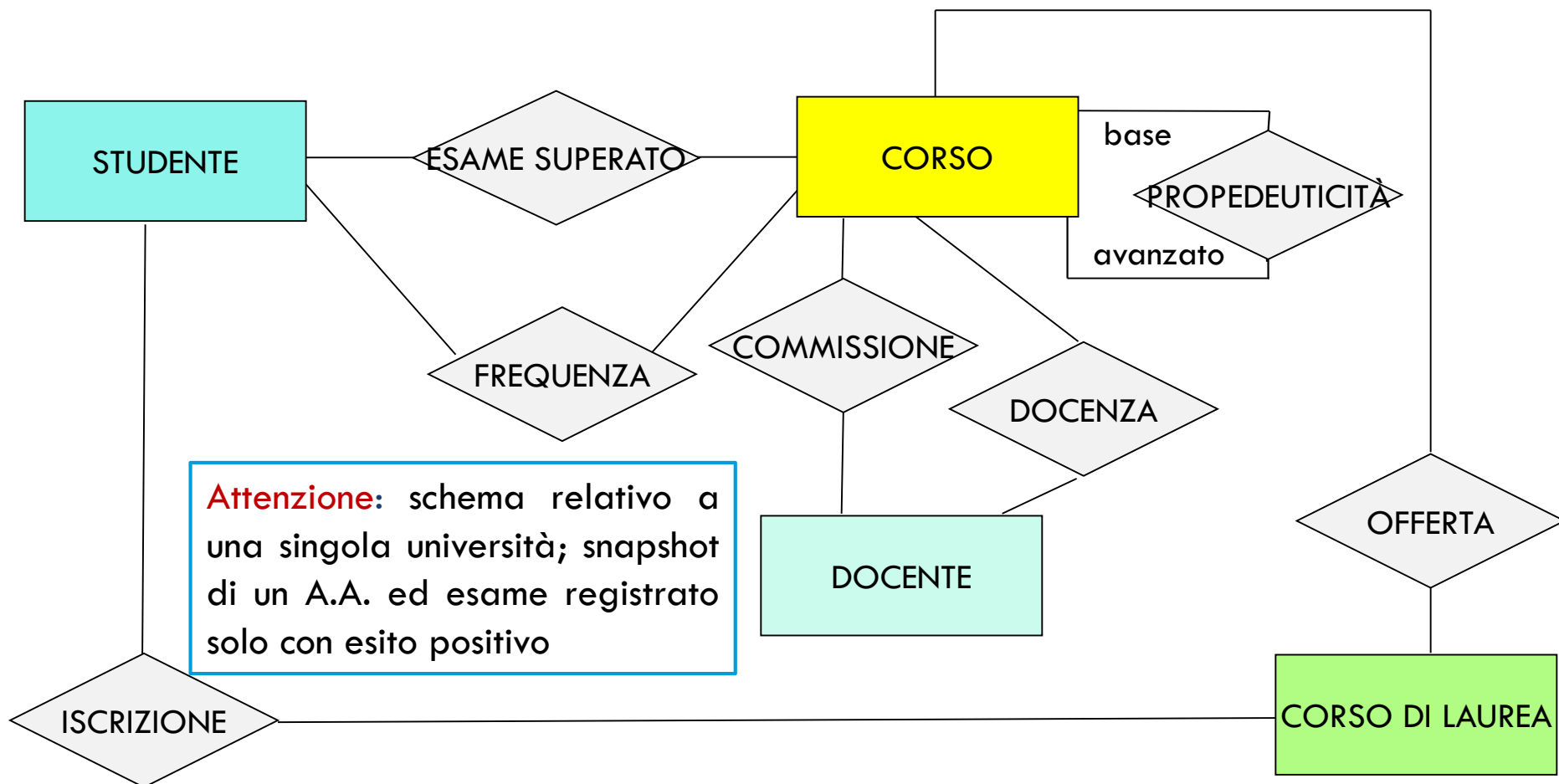


Un ordine riguarda o l'acquisto di un prodotto o la richiesta di un servizio, ma non entrambe le cose.



Ogni volta che si emette fattura a fronte di un ordine deve esserci anche il confezionamento dell'imballo per la spedizione di quanto ordinato.

Un semplice schema E/R (incompleto!)

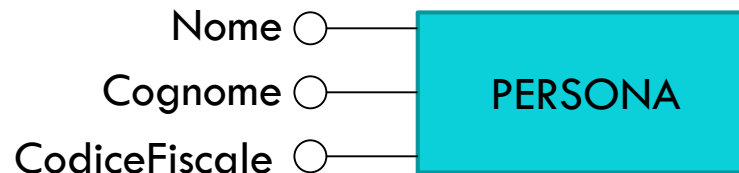


N.B. In uno schema E/R ogni entità e ogni associazione devono avere un nome che deve essere univoco nello schema.

Attributi

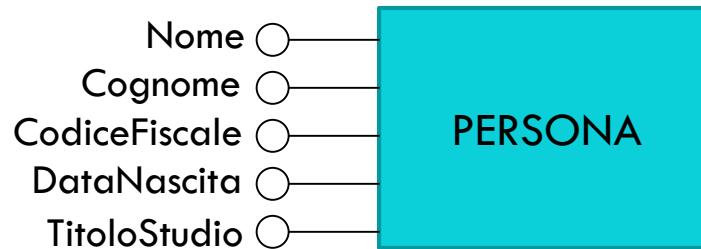
- Un attributo è una **proprietà elementare** di un'entità o di un'associazione.
- È denotato con un nome che deve essere univoco all'interno dell'entità o associazione a cui si riferisce. Anche per gli attributi è fortemente consigliato usare denominazioni “parlanti”.

- Graficamente:



- Nome, Cognome, CodiceFiscale sono tutti attributi di Persona.
- Ogni attributo è definito su un **dominio di valori**.
- Quindi un attributo associa a ogni istanza di entità (o associazione) un valore del corrispondente dominio.

Attributi e domini: un esempio



□ Per l'entità PERSONA gli attributi e i relativi domini sono:

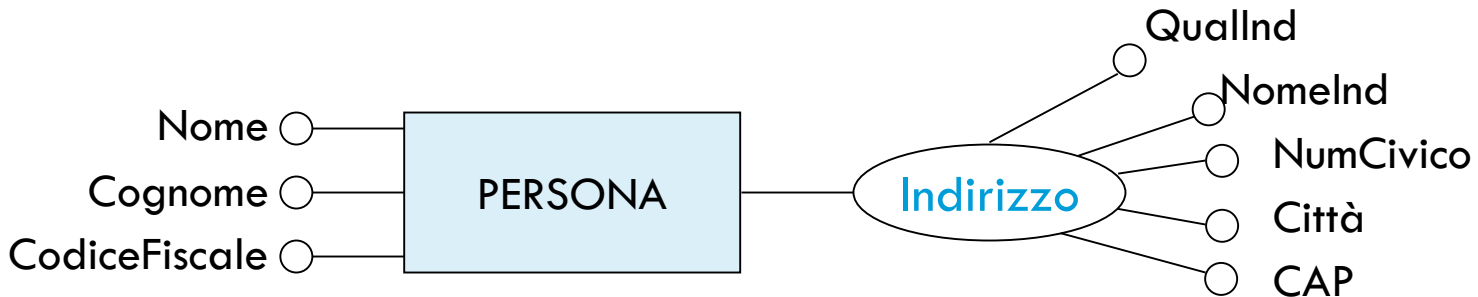
- Nome: `stringa(20)`
- Cognome: `stringa(20)`
- CodiceFiscale: `stringa(16)`
- DataNascita: $\text{Giorno} \times \text{Mese} \times \text{Anno}$
- TitoloStudio: `stringa(50)`

dove i domini `Giorno`, `Mese` e `Anno` sono rispettivamente:

- `Giorno` = 1, ..., 31
- `Mese` = {Gen, Feb, Mar, Apr, Mag, Giu, Lug, Ago, Set, Ott, Nov, Dic}
- `Anno` = 1900, ..., 2100

Attributi composti

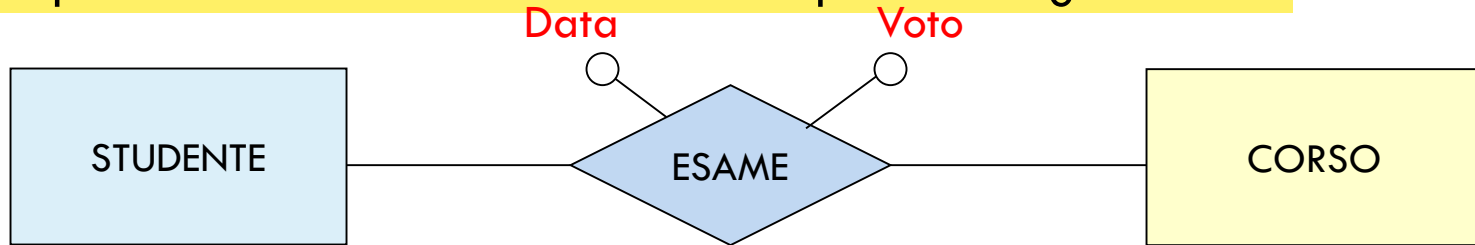
- Sono attributi che si ottengono **aggregando** altri (sotto-) attributi, i quali presentano una forte affinità nel loro uso e significato.
- QualInd, NomeInd, NumCivico, Città e CAP formano l'attributo composto **Indirizzo**.



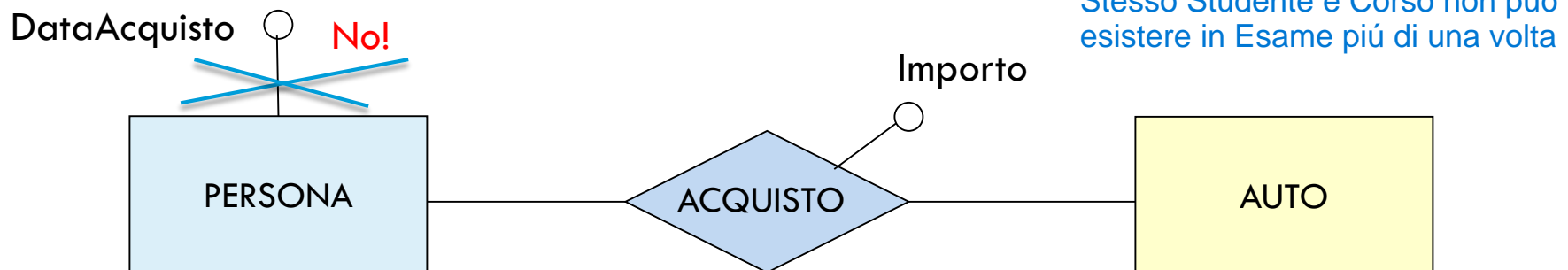
- Si noti che se un attributo A è composto dagli attributi A_1, A_2, \dots, A_n con rispettivi domini D_1, D_2, \dots, D_n , allora il dominio di A è il **prodotto cartesiano** $D = D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$.
- Un attributo **non composto** è anche detto **semplice**.

Attributi delle entità o dell'associazione?

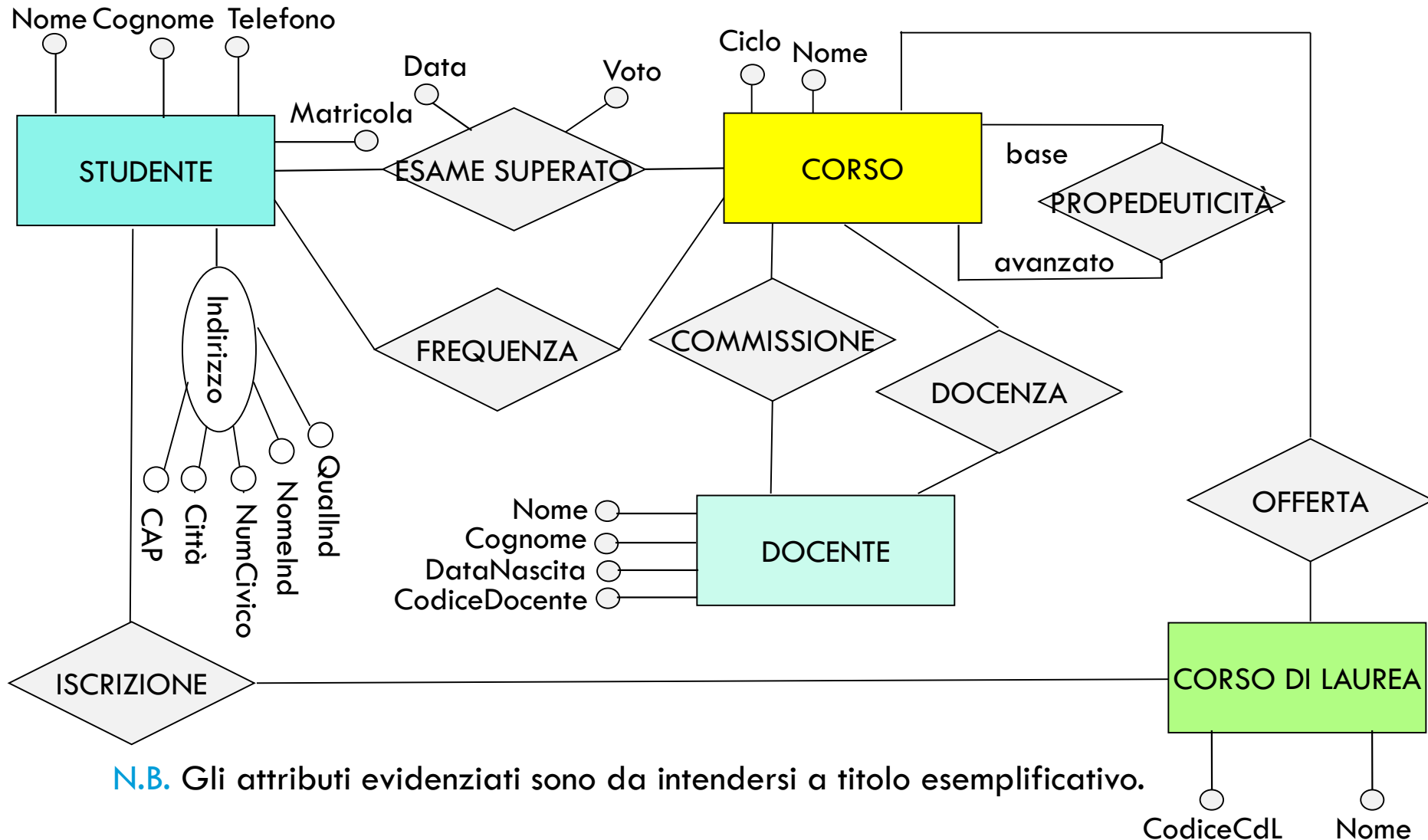
- È importante fare attenzione a dove si specificano gli attributi.



- **Data** e **Voto** non sono proprietà né di STUDENTE né di CORSO, ma dell'associazione **ESAME** (a livello estensionale il legame si crea in occasione dello svolgimento, in una certa data, di un esame da parte di uno studente per un corso e comporta l'attribuzione di un voto).
- **Attenzione:** anche con questo schema l'esame da parte di uno studente per lo stesso corso non può essere ripetuto, a meno di non sovrascrivere **Data** e **Voto**.



Uno schema E/R (ancora incompleto!)

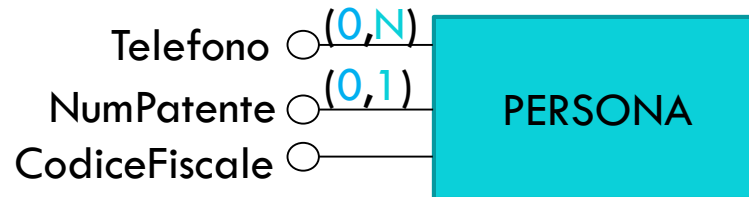


Vincoli nel modello E/R

- In ogni schema E/R sono presenti vincoli.
- Alcuni sono **impliciti**, in quanto dipendono dalla semantica stessa dei costrutti del modello:
 - ▣ ogni istanza di un'associazione deve riferirsi a istanze di entità; esempio: non può esservi la coppia (Di Maio, Basi di Dati) se Di Maio non è un'istanza dell'entità DOCENTE.
 - ▣ istanze diverse della stessa associazione devono riferirsi a differenti combinazioni di istanze delle entità partecipanti all'associazione; esempio: la coppia (Rossi, Basi di dati) non può essere presente due volte nell'associazione ESAME SUPERATO.
 - ▣ ... e altri che saranno osservati in seguito.
- Altri vincoli sono **espliciti**, e sono definiti da chi progetta lo schema E/R sulla base della conoscenza della realtà che sta modellando:
 - ▣ vincoli di cardinalità (per attributi e associazioni);
 - ▣ vincoli d'identificazione.

Attributi: vincoli di cardinalità

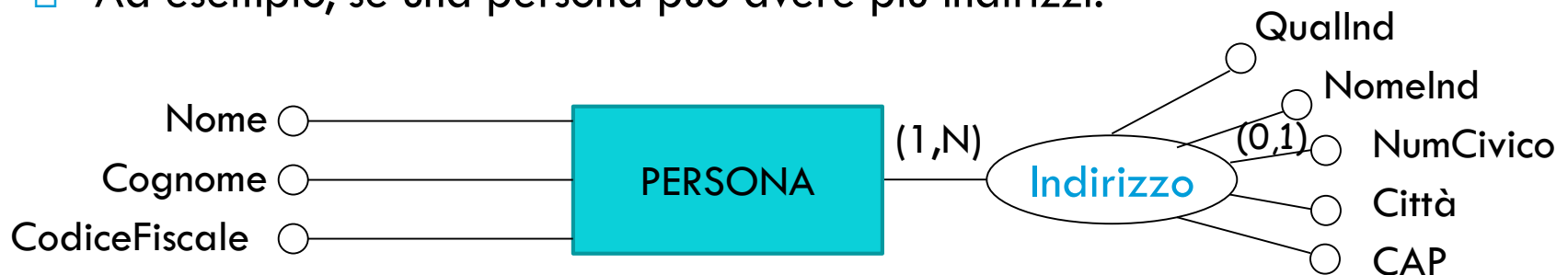
- Per un attributo è possibile specificare anche il *numero minimo* e il *numero massimo* di valori che possono essere associati a un'istanza della corrispondente associazione o entità a cui l'attributo appartiene. Attenzione: *i valori devono essere distinti* (in alcune estensioni, es. DB-Main, è possibile avere valori replicati).
- Graficamente si può indicare la coppia (*min-card*, *max-card*) sulla linea che congiunge l'attributo all'entità o all'associazione, o di fianco al nome dell'attributo.
 - In assenza d'indicazione il valore di default è (1,1).



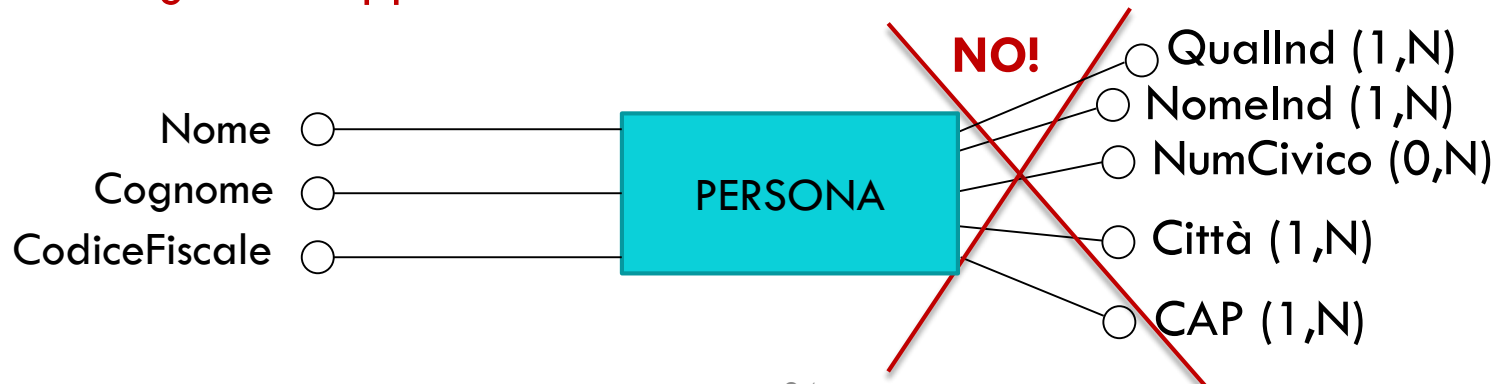
- Un attributo è detto:
 - *opzionale*: se la *cardinalità minima* è 0 (es.: NumPatente);
 - *monovalore*: se la *cardinalità massima* è 1 (es.: CodiceFiscale);
 - *multivalore* (o ripetuto): se la *cardinalità massima* è N (es.: Telefono).

Attributi ripetuti e composti

- Nel caso di presenza di più attributi multivalore che sono semanticamente correlati, è necessaria la creazione di un **attributo composto multivalore** al fine di evitare ambiguità.
- Ad esempio, se una persona può avere più indirizzi:

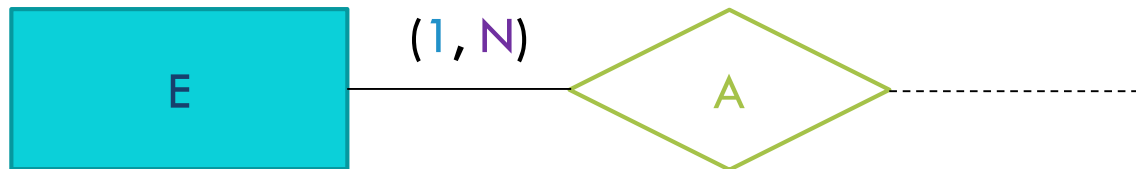


- La seguente rappresentazione non sarebbe infatti corretta!



Associazioni: vincoli di cardinalità

- Sono coppie di valori (*min-card*, *max-card*) associati a ogni entità che partecipa a un'associazione; specificano il numero minimo e massimo di istanze dell'associazione a cui un'istanza dell'entità può partecipare.
- Vale quanto già visto in precedenza, si tratta solo di un modo più compatto per rappresentare i vincoli.
- Ad esempio, se i vincoli di cardinalità per un'entità *E* relativamente a un'associazione *A* sono $(1, N)$ ciò significa che:
 - ▣ ogni istanza di *E* partecipa almeno a una istanza di *A*;
 - ▣ ogni istanza di *E* può partecipare a più istanze di *A*.
- Graficamente:



Vincoli di cardinalità: un esempio



- $\text{min-card}(\text{PERSONA}, \text{PROPRIETÀ}) = 0$:
esistono persone che non possiedono un'automobile;
- $\text{max-card}(\text{PERSONA}, \text{PROPRIETÀ}) = N$:
ogni persona può essere proprietaria di un numero arbitrario di automobili;
- $\text{min-card}(\text{AUTOMOBILE}, \text{PROPRIETÀ}) = 0$:
esistono automobili che non hanno un proprietario;
- $\text{max-card}(\text{AUTOMOBILE}, \text{PROPRIETÀ}) = N$:
ogni automobile può avere 0, 1 o più proprietari.

Associazioni binarie *uno a uno*

uno a uno (one-to-one)

$\text{max-card}(C1, A) = 1$

$\text{max-card}(C2, A) = 1$



Associazioni binarie *uno a molti*

uno a molti (one-to-many)

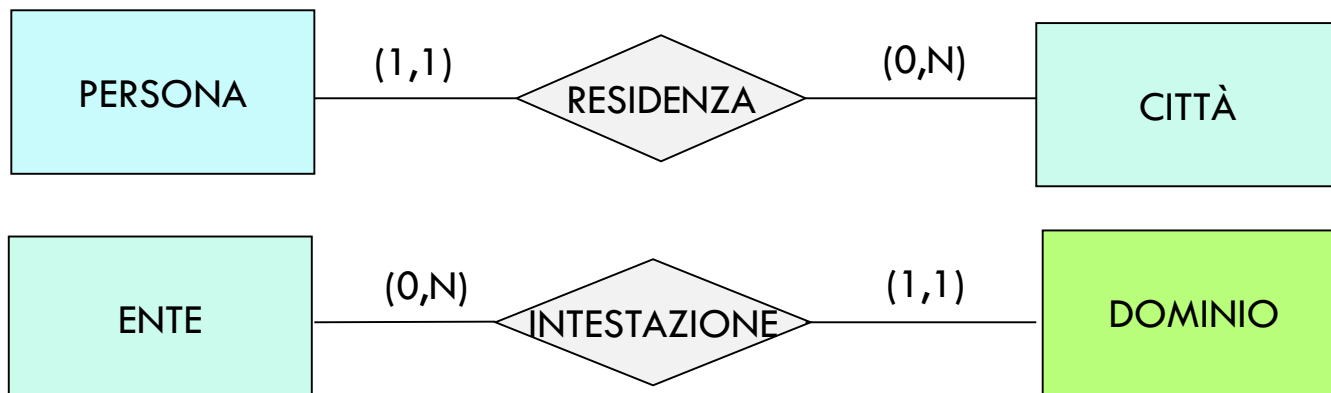
$\text{max-card}(\text{C1}, A) = N$

$\text{max-card}(\text{C2}, A) = 1$

oppure

$\text{max-card}(\text{C1}, A) = 1$

$\text{max-card}(\text{C2}, A) = N$

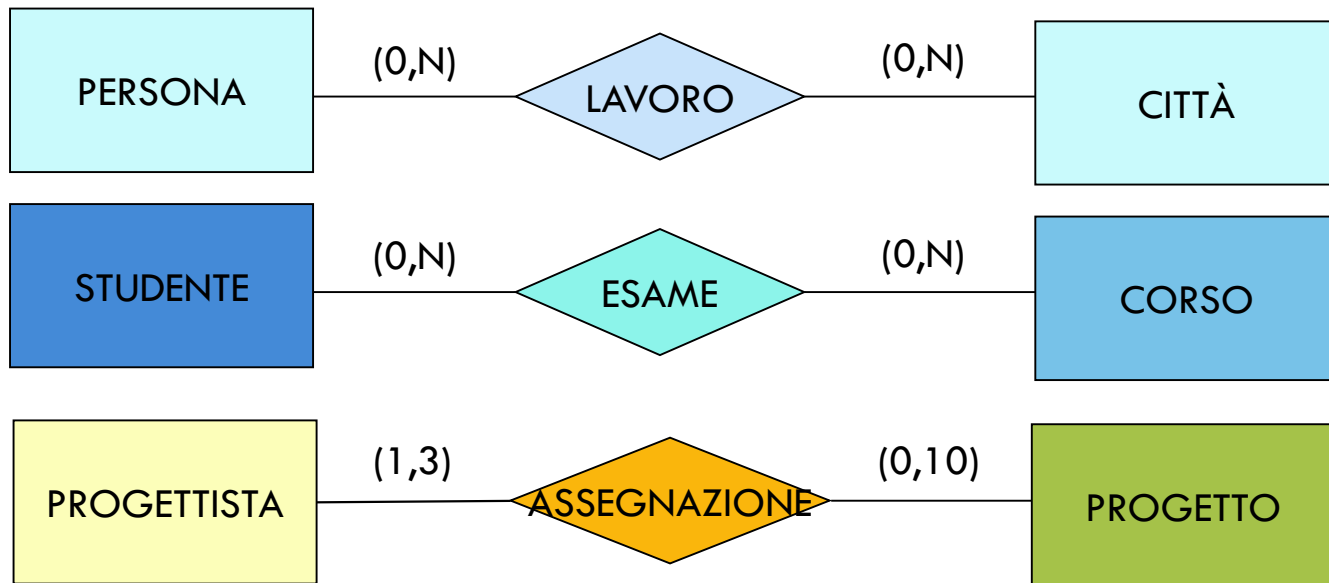


Associazioni binarie *molte a molte*

molte a molte (many-to-many)

$\text{max-card}(\text{C1}, A) = N$

$\text{max-card}(\text{C2}, A) = M$



Tipi di associazione: terminologia

□ Si dice inoltre che la partecipazione di E in A è:

▣ Sulla base della cardinalità minima:

■ **Opzionale** se $\text{min-card}(E, A) = 0$

■ **Obbligatoria** se $\text{min-card}(E, A) > 0$

▣ Sulla base della cardinalità massima:

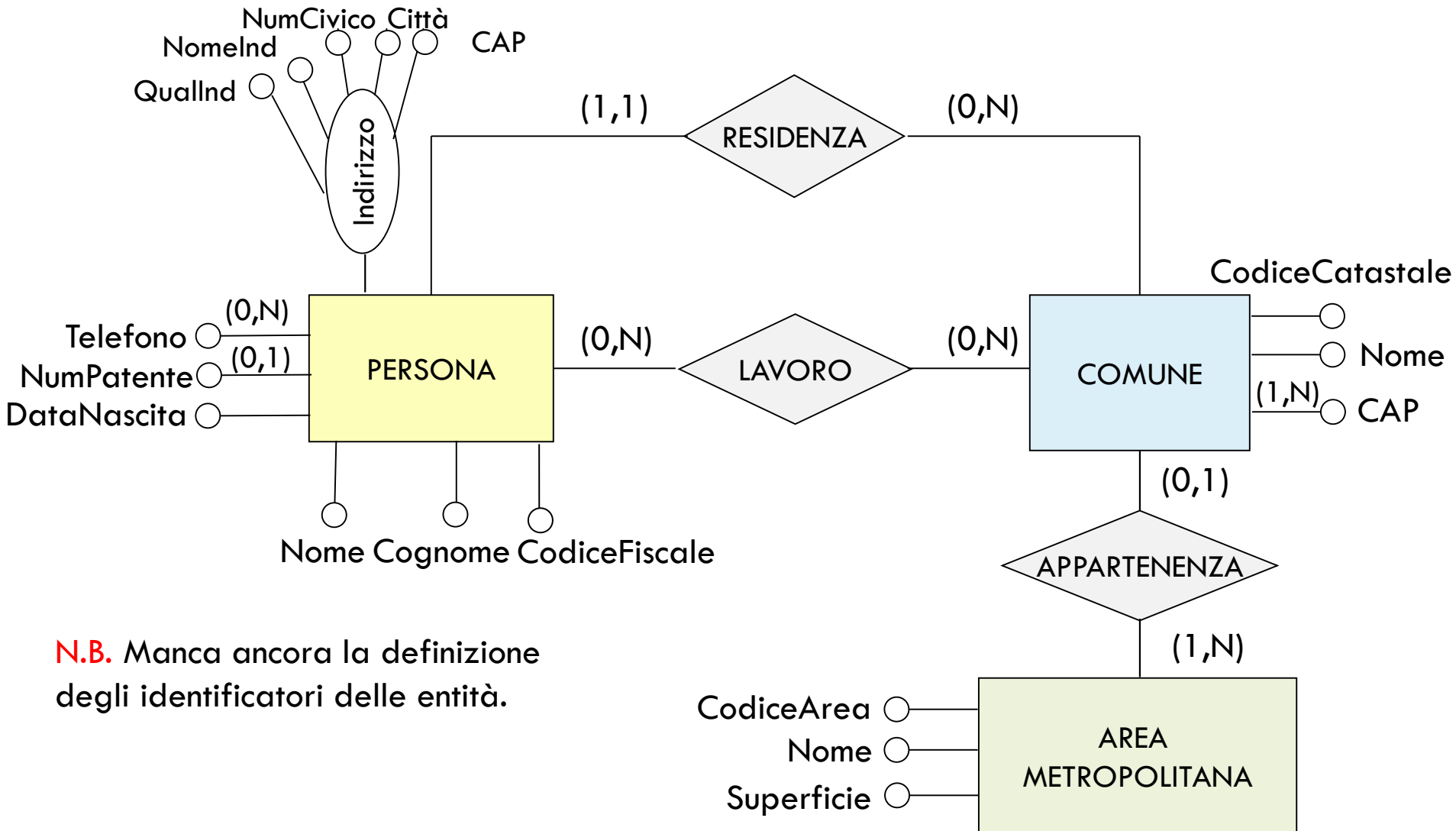
■ **A valore singolo** se $\text{max-card}(E, A) = 1$

■ **A valore multiplo** se $\text{max-card}(E, A) > 1$

Ogni Istanza di E
associato MAX ad una
Istanza dell'altra Entità

Ogni Istanza di E
associato MAX ad n
Istanza dell'altra Entità

Vincoli di cardinalità: un esempio



Vincoli di cardinalità: note (1)

- Per stabilire i vincoli di cardinalità min e max nelle associazioni si deve sempre fare riferimento alla specifica realtà sotto osservazione.



Ad esempio:

- se PERSONA rappresenta il personale di un'azienda, allora è sensato imporre $\text{min-card}(\text{PERSONA}, \text{PROPRIETÀ}) = 0$;
- se, invece, si parla del DB del Pubblico Registro Automobilistico (PRA) e PERSONA rappresenta l'insieme dei proprietari di veicoli, allora si ha: $\text{min-card}(\text{PERSONA}, \text{PROPRIETÀ}) = 1$; ciò significa d'altra parte che in fase di inserimento di una persona deve già esistere il veicolo affinché ne possa diventare proprietario.

Vincoli di cardinalità: note (2)

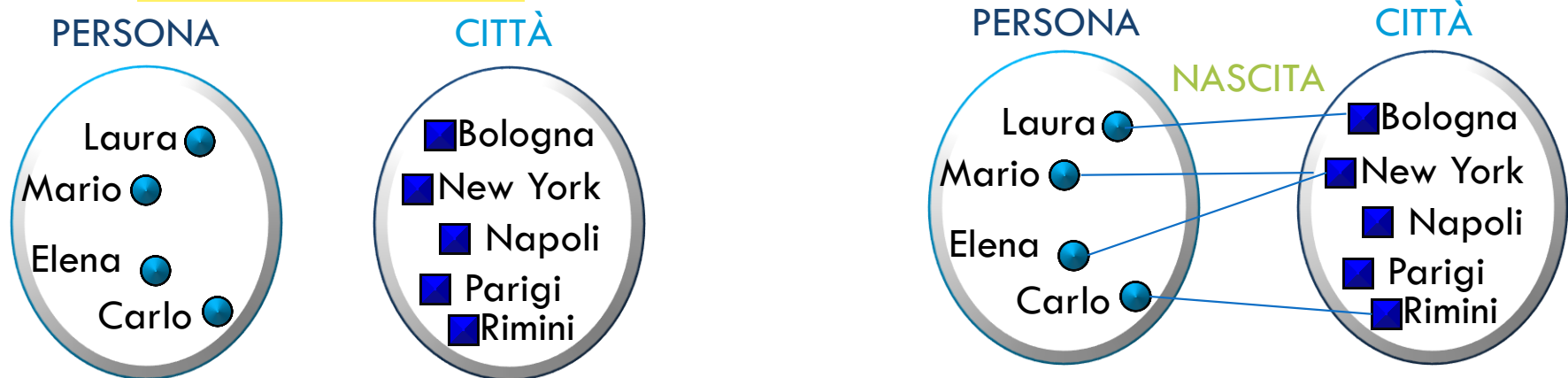
- A volte è opportuno ragionare sulla dinamica temporale della creazione delle istanze



- Potrebbe sembrare ovvio imporre **min-card**(GRUPPO, ISCRIZIONE) = 1.
- Tuttavia, se volessimo inserire un nuovo gruppo non potremmo aggiungerlo nel DB perché violerebbe i vincoli di cardinalità dell'associazione. (non possiamo inserire un nuovo gruppo senza associarlo ad una iscrizione pk min-card = 1)
- Pertanto è corretto imporre **min-card**(GRUPPO, ISCRIZIONE) = 0.

Vincoli di cardinalità: note (3)

- Deve essere chiaro che il modello E/R non modella aspetti dinamici. In termini matematici quando si definisce una relazione **R** fra due insiemi **A** e **B**, si suppone che gli insiemi esistano già.

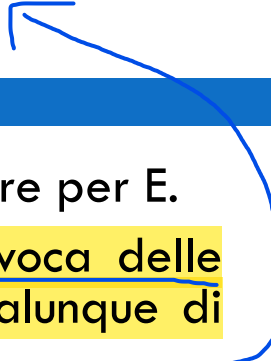


- In un DB gli insiemi cambiano dinamicamente, pertanto per rispettare i vincoli di cardinalità si devono operare opportuni accorgimenti nelle fasi di inserimento. Supponiamo di inserire **Giorgio** che è nato a **Londra**. Poiché **Londra** non è nel DB l'inserimento non è possibile. Si dovrà prima procedere a inserire la città di **Londra**. Naturalmente potremmo cancellare **Parigi** perché nessuno dei presenti vi è nato, ma non potremmo cancellare **Bologna**.



Identificatori

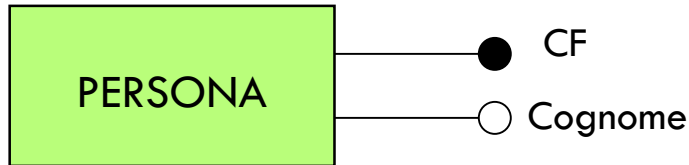
L'insieme degli attributi che costituisce l'identificatore deve essere il più piccolo possibile, tale che nessun sottoinsieme proprio di questi attributi possa ancora funzionare come identificatore.



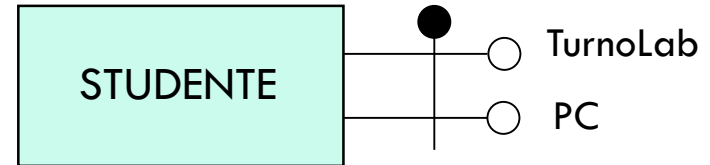
- ❑ Un vincolo d'identificazione per un'entità E definisce un identificatore per E.
- ❑ Un identificatore ha lo scopo di permettere l'individuazione univoca delle istanze di un'entità. Su ogni entità si può definire un numero qualunque di vincoli di identificazione (almeno uno).
- ❑ Deve valere anche la proprietà di minimalità: per ogni estensione ammissibile di un'entità nessun sottoinsieme proprio dell'identificatore deve essere a sua volta un identificatore.
- ❑ Per definire un identificatore per un'entità E si hanno due possibilità di base:
 - ❑ **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 propri di E.
- ❑ In alcuni testi si definisce **misto** un identificatore di E che usa sia altre entità sia attributi propri di E.
- ❑ Se il numero di elementi (attributi o entità) che costituiscono un identificatore è pari a 1 si parla di identificatore **semplice**, altrimenti l'identificatore si definisce **composto**.

Identificatori interni ed esterni (1)

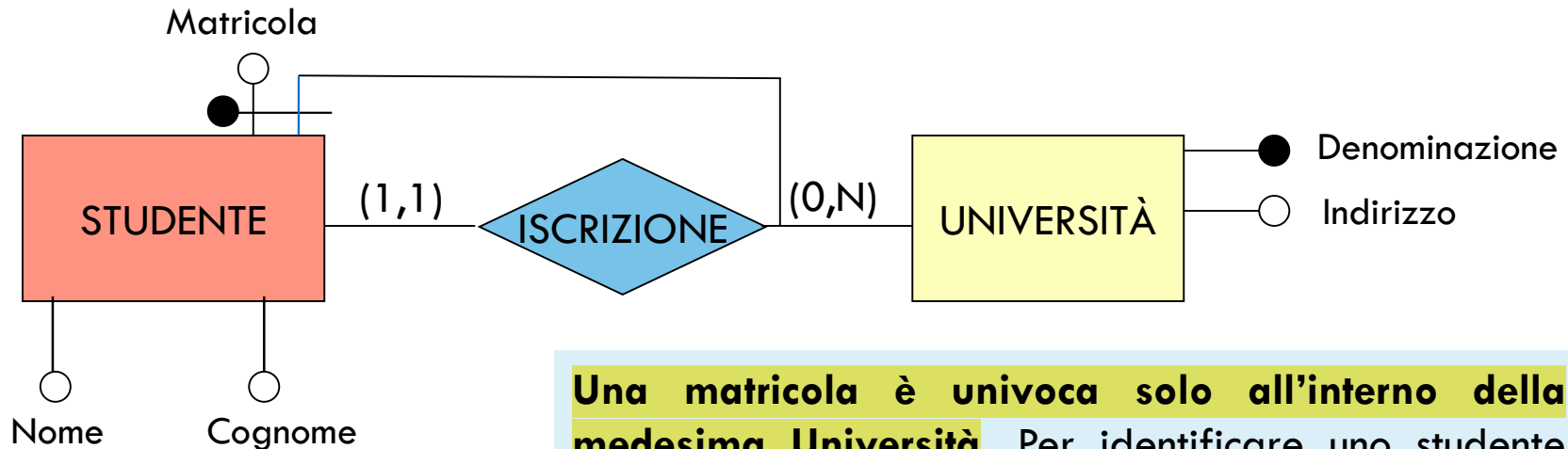
identificatore interno semplice



identificatore interno composto



identificatore esterno e composto (misto)

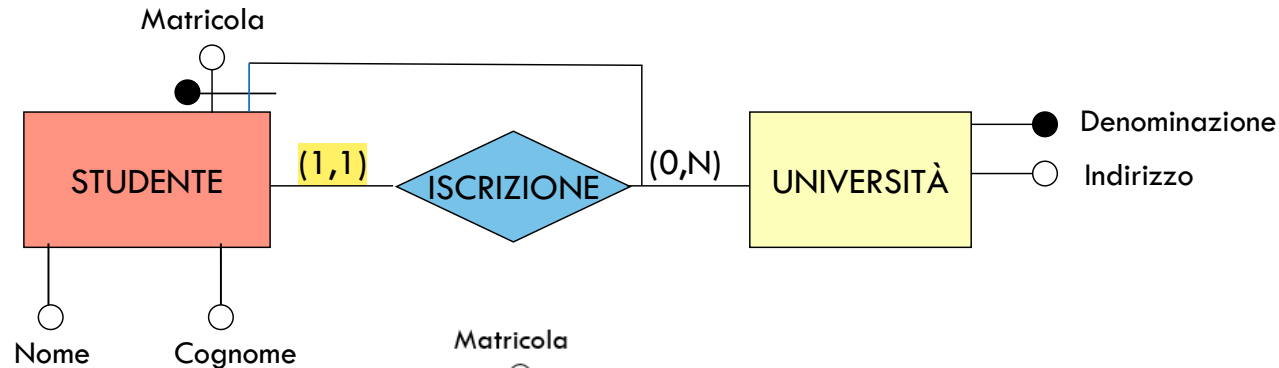


Una matricola è univoca solo all'interno della medesima Università. Per identificare uno studente bisogna specificare qual è l'università a cui è iscritto e il numero di matricola a lui assegnato.

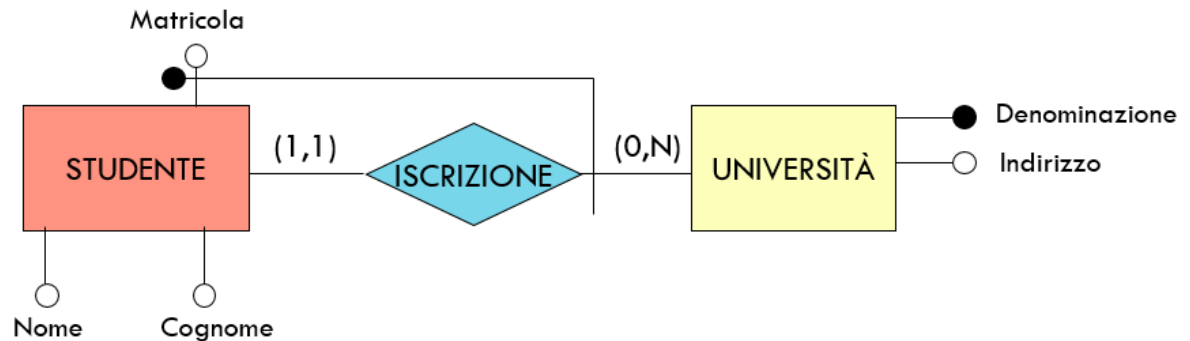
La combinazione di **Matricola** e **Università** garantisce l'unicità degli studenti nel contesto del sistema informativo.

Identificatori interni ed esterni (2)

identificatore esterno e composto (misto)



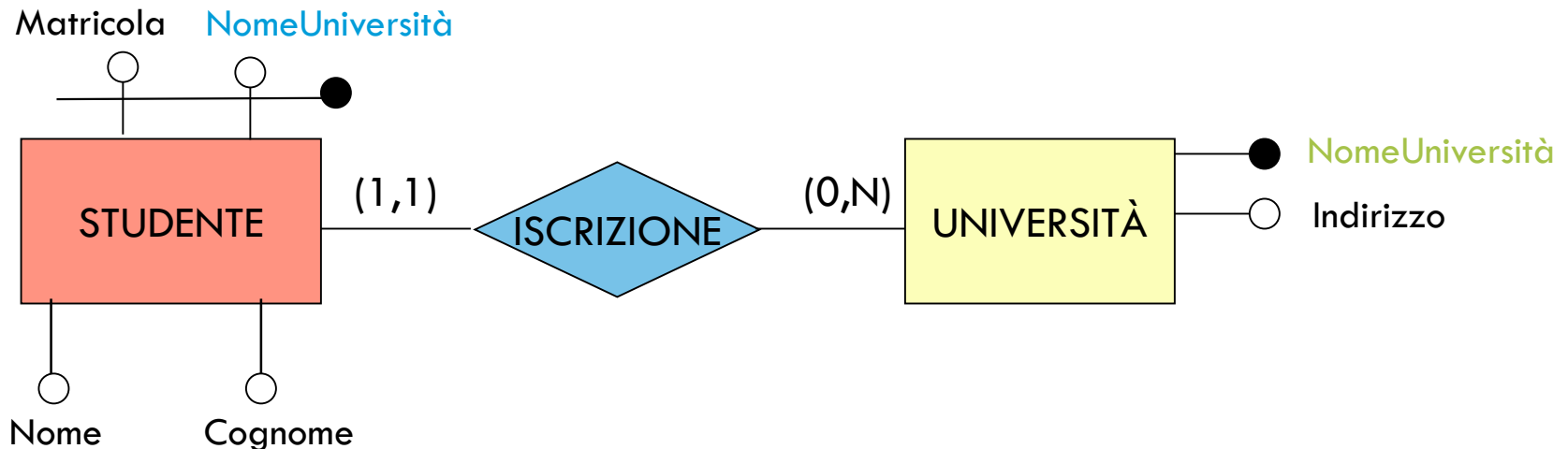
N.B. Notazione alternativa utilizzata a volte per semplicità di disegno.



- Deve essere $\text{min-card}(\text{STUDENTE}, \text{ISCRIZIONE}) = \text{max-card}(\text{STUDENTE}, \text{ISCRIZIONE}) = 1$.
- Se fosse $\text{max-card}(\text{STUDENTE}, \text{ISCRIZIONE}) > 1$ allora uno studente sarebbe identificato dall'insieme di università a cui è iscritto, ma ciò non è possibile.
- Se fosse $\text{min-card}(\text{STUDENTE}, \text{ISCRIZIONE}) = 0$ allora non si potrebbe identificare lo studente, perché parte dell'identificatore non sarebbe definito (e non si comprende nemmeno quale sarebbe il significato di Matricola nel contesto in esame).

Identificatori interni ed esterni (3)

- Un tipico errore consiste nel produrre lo schema appresso riportato che evita l'uso di un identificatore esterno ma non risolve affatto il problema dell'identificazione.

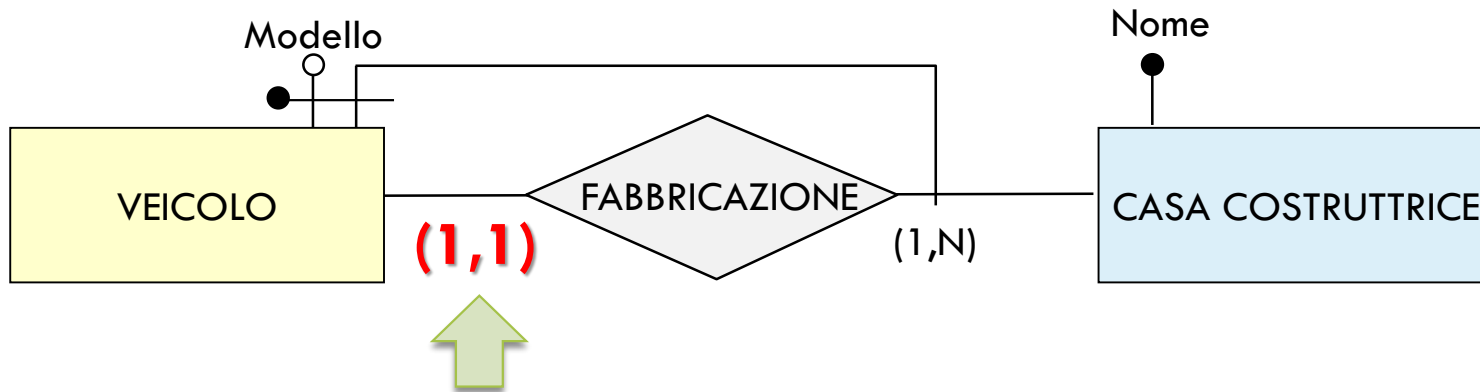


N.B. Lo schema è errato perché la semantica dello schema E/R non consente di affermare che l'attributo **NomeUniversità** di **STUDENTE** e l'attributo **NomeUniversità** di **UNIVERSITÀ** hanno il medesimo significato.

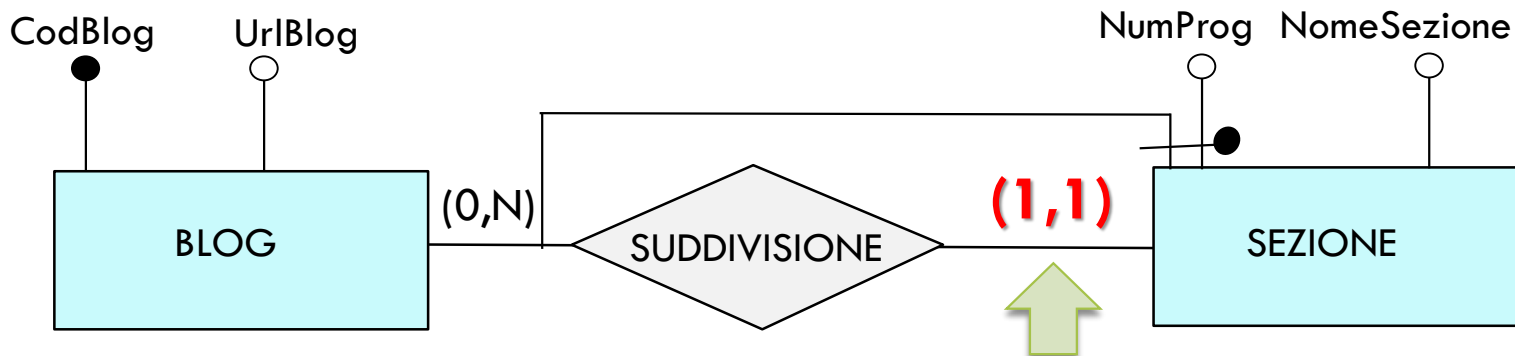
Identificatori interni ed esterni (4)

identificatore esterno e composto (misto)

L'identificatore misto mi permette di identificare un'istanza di una Entità all'interno del DB



identificatore esterno e composto (misto)



Identificatori interni ed esterni (5)

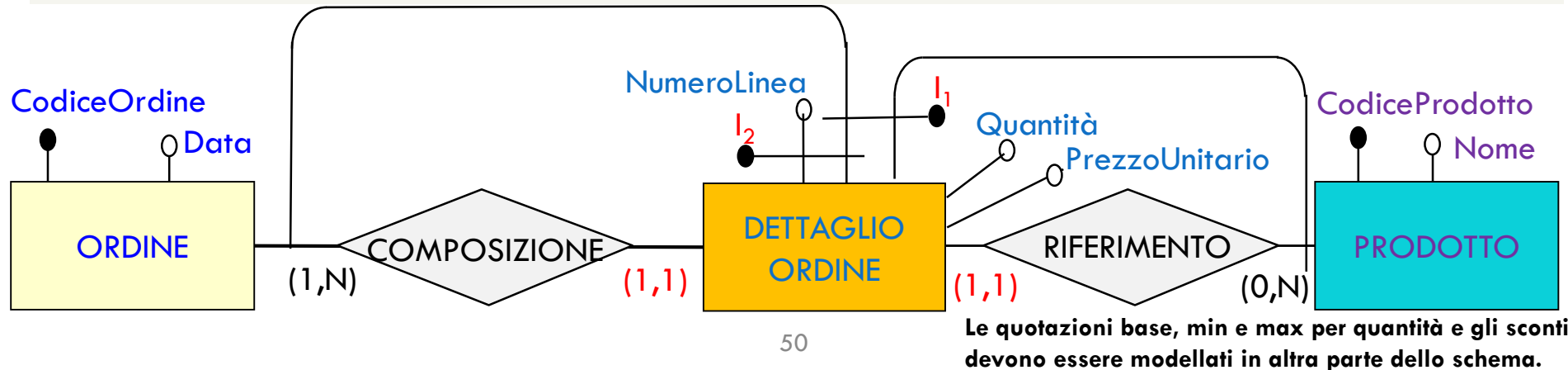
Linee d'ordine

Ordine n° 17 del 12/02/2020				
1	P1	Cuscino	2	10,00
2	P7	Piumone	1	90,50
3	P15	Set lenzuola	1	59,49
Totale (Euro)			169,99	

Ordine n° 30 del 21/02/2020				
1	P1	Cuscino	1	15,00
2	P7	Piumone	1	90,50
3	P9	Set asciugamani	1	60,00
Totale (Euro)			165,50	

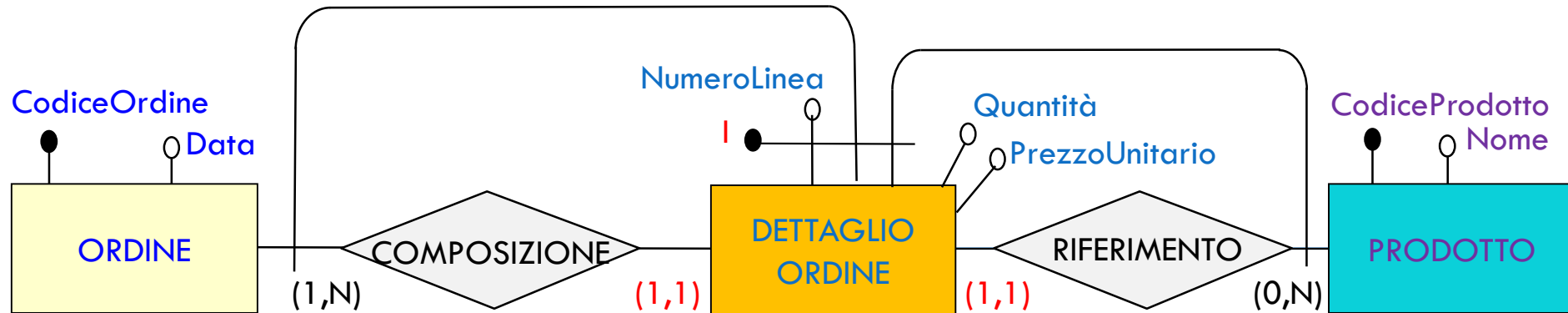
- N.B. Ogni linea d'ordine riguarda un solo prodotto, ordinato in quantità, con indicazione del nome e del prezzo unitario. Nello schema si assume che nello stesso ordine un prodotto non possa comparire più di una volta su linee d'ordine diverse. Il prezzo di uno stesso prodotto può variare all'interno di diversi ordini.

Due identificatori alternativi: I_1 esterno e composto, I_2 esterno e composto (misto)



Identificatori interni ed esterni (6)

- **N.B.** Assumere come identificatore esterno e composto quello indicato nello schema sotto riportato è un errore. perché un Ordine sullo stessa Linea potrebbe avere più di un Prodotto



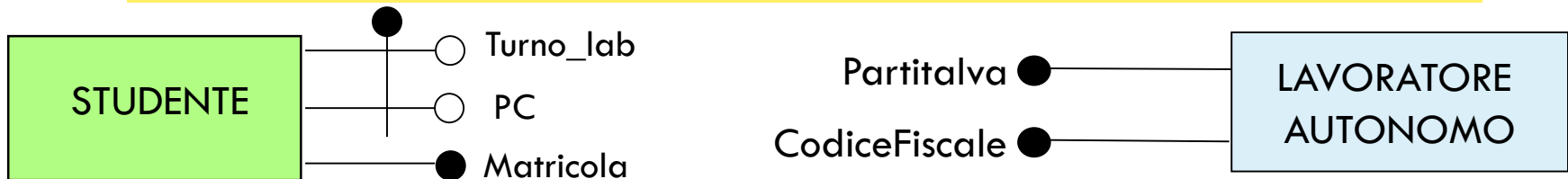
- Infatti sarebbero consentite istanze di **DETTAGLIO ORDINE** dove **NumeroLinea** all'interno di uno stesso ordine potrebbe avere valori replicati, violando il vincolo che all'interno di ogni ordine le linee d'ordine devono essere numerate in modo distinguibile (progressivamente).

?

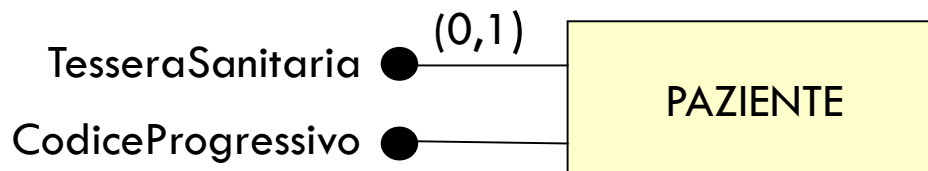
Ordine n° 35 del 24/02/2020				
1	P1	Cuscino	2	15,00
1	P7	Piumone	1	90,50
3	P15	Set lenzuola	1	59,49
Totale (Euro)			179,99	

Identificatori possibili

- Ogni entità deve avere almeno un identificatore (interno o esterno) ma ne può avere più di uno.
- In base al contesto dei requisiti informativi, tutti i possibili identificatori di un'entità devono essere indicati nello schema. Ciò riveste estrema rilevanza in fase di progettazione logica, dove uno di essi sarà scelto come chiave primaria e per gli altri si dovrà comunque imporre un vincolo di unicità.



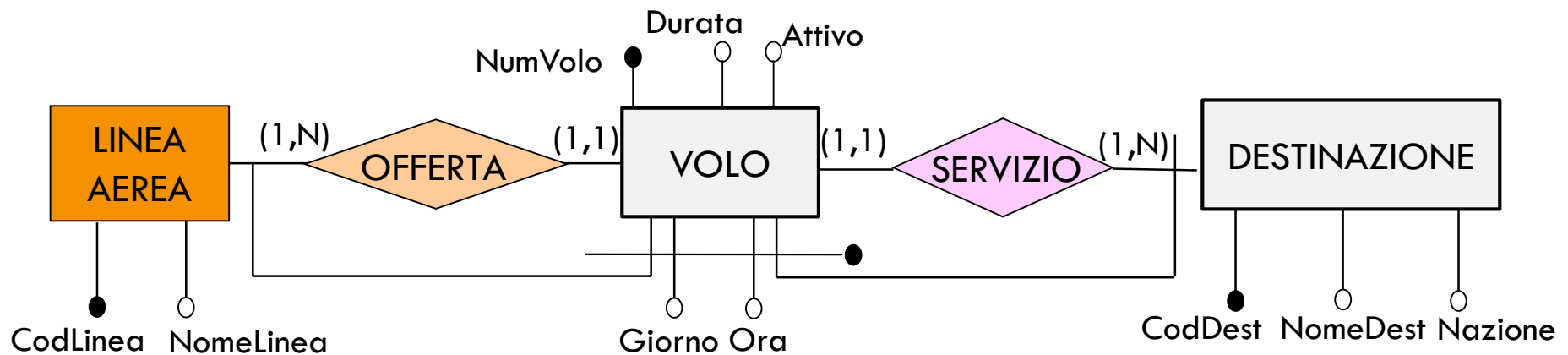
- Nel caso di più identificatori è ammesso che gli attributi o le entità coinvolti in alcune identificazioni, tranne una, possano essere opzionali.



N.B. L'entità PAZIENTE è identificata sempre da CodiceProgressivo; tuttavia deve essere vero che se un'istanza di PAZIENTE possiede una TesseraSanitaria, questa deve essere univoca all'interno dell'estensione dell'entità.

Identificatori possibili: esempio

- Un volo ha un codice univoco NumVolo.
- Un volo è anche identificabile noti il giorno, l'ora, la linea aerea e la destinazione.



<u>NumVolo</u>	CodLinea	CodDest	Giorno	Ora	Durata	Attivo
AA056	L001	JFK	LUN	9:00	2	SI
AZ854	L002	FCO	MER	22:30	8	SI
....			

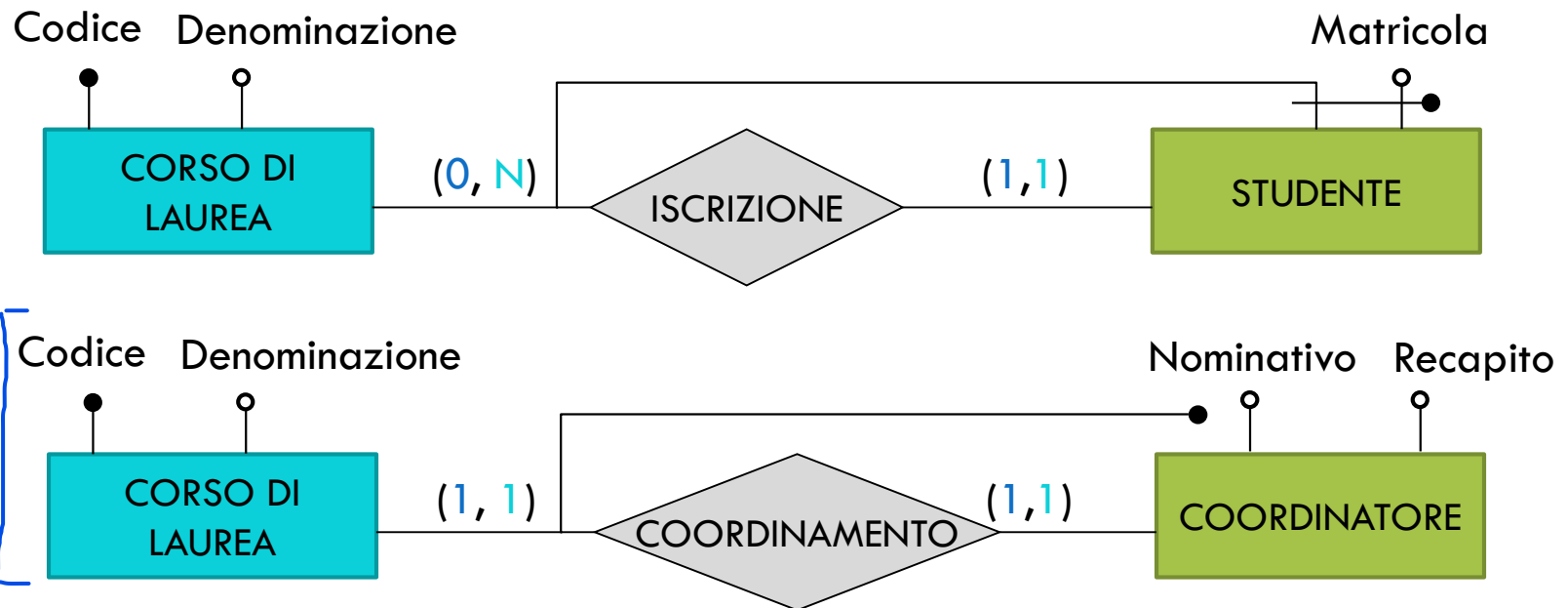
VOLI

chiave
primaria

N.B. L'altro vincolo d'identificazione deve essere sempre verificato.

Identificatori: ulteriori osservazioni

- Se l'entità E è identificata esternamente attraverso l'associazione A, allora si ha $\text{min-card}(E,A) = \text{max-card}(E,A) = 1$. (come abbiamo visto)
- Se basta E1, tramite A, a identificare E, allora $\text{max-card}(E1,A) = 1$; in caso contrario $\text{max-card}(E1,A) = N$.



Alle volte si dice che E è un'entità **debole** se ha solo identificatori esterni, e **forte** se ha solo identificatori interni.

Entità debole

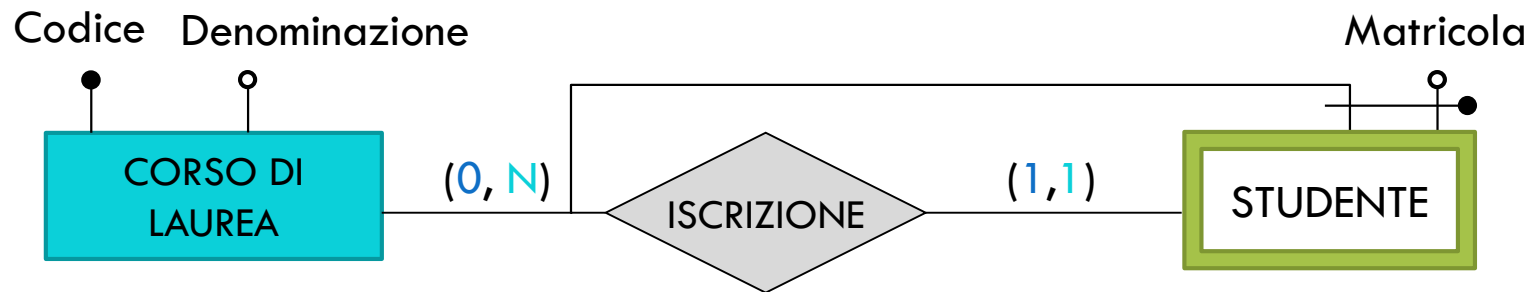


E

- In alcune notazioni grafiche è possibile evidenziare un'entità debole E disegnando il rispettivo rettangolo con una cornice.
- Le **entità deboli** sono quelle entità che contengono istanze la cui presenza nella base dati è accettata solo se sono presenti determinate istanze di altre entità da cui queste **dipendono**.
- Se l'esistenza dell'entità E2 dipende dall'esistenza dell'entità E1:
 - ▣ E1 è detta **entità dominante** (o **proprietaria**)
 - ▣ E2 è detta **entità debole** (o **subordinata**).
- Nel caso di eliminazione dell'istanza di riferimento le istanze deboli collegate devono essere eliminate.
- L'identificatore dell'entità debole deve contenere l'identificatore dell'entità da cui dipende.
- L'entità debole deve partecipare a una associazione con l'entità dominante con vincolo di identificazione e di partecipazione totale.

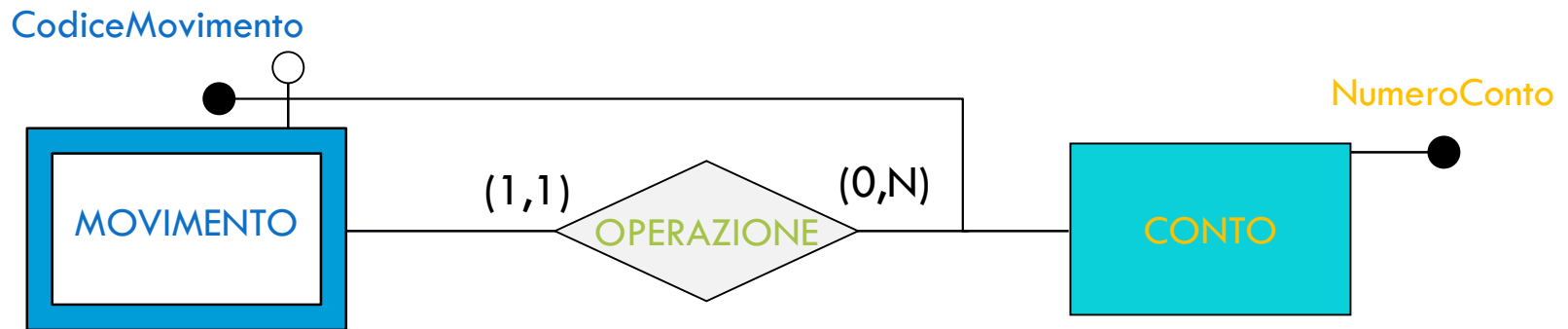
Entità deboli e identificatori esterni

- Un'entità debole dipende dall'esistenza di altre entità e pertanto ciò si riflette nell'individuazione dei suoi possibili identificatori.



- Sarebbe dunque più corretto evidenziare negli schemi E/R le entità deboli come **STUDENTE** nell'esempio, ma spesso per non appesantire lo schema grafico la notazione viene trascurata, lasciando il compito di rappresentare questo concetto all'interpretazione dell'identificazione esterna.

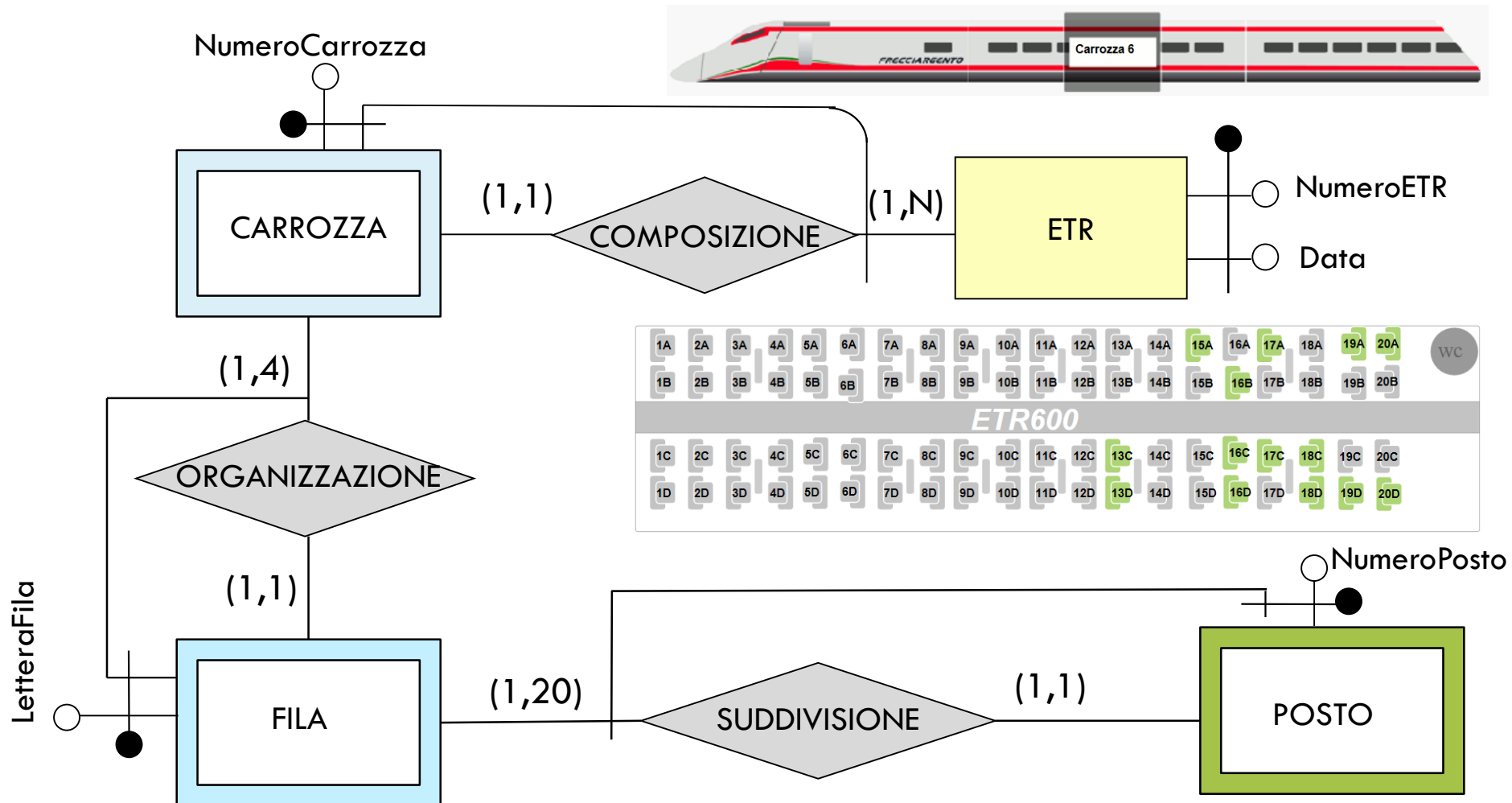
Un altro esempio di entità debole



Identificatore esterno composto (misto):
un movimento è univoco solo all'interno del medesimo conto.

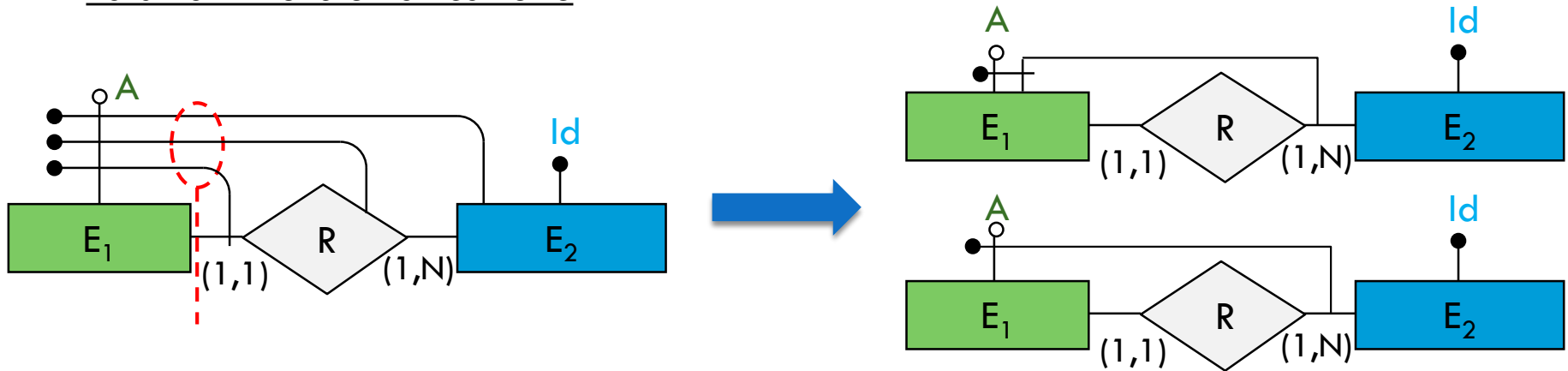
- ❑ L'entità **MOVIMENTO** è identificata dall'entità **CONTO** tramite l'associazione **OPERAZIONE**.
- ❑ In via semplificativa possiamo anche dire: l'identificatore di **MOVIMENTO** è $\{\text{CodiceMovimento}, \text{NumeroConto}\}$.

Esempio con più entità deboli

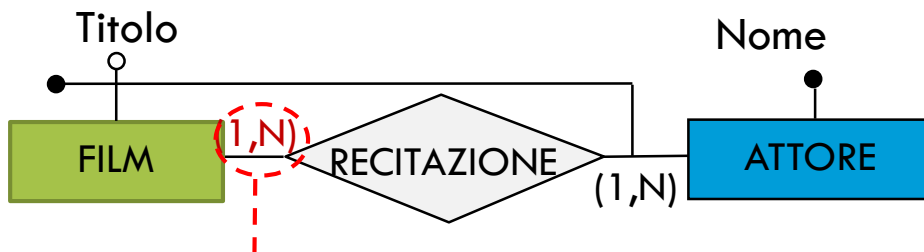


Identificazione esterna: ulteriori note (1)

Attenzione al formalismo grafico per gli identificatori esterni. Deve essere aderente alla definizione data e non ambiguo per associazione n-arie. Nella figura a sinistra tre notazioni ritenute non corrette.



ERRORE TIPICO



Per utilizzare ATTORE nell'identificazione di FILM la cardinalità $card(FILM, RECITAZIONE)$ dovrebbe essere $(1,1)$, ma ciò è in contrasto con la semantica del problema.

Identificazione esterna: ulteriori note (2)

Edificio A



Edificio B

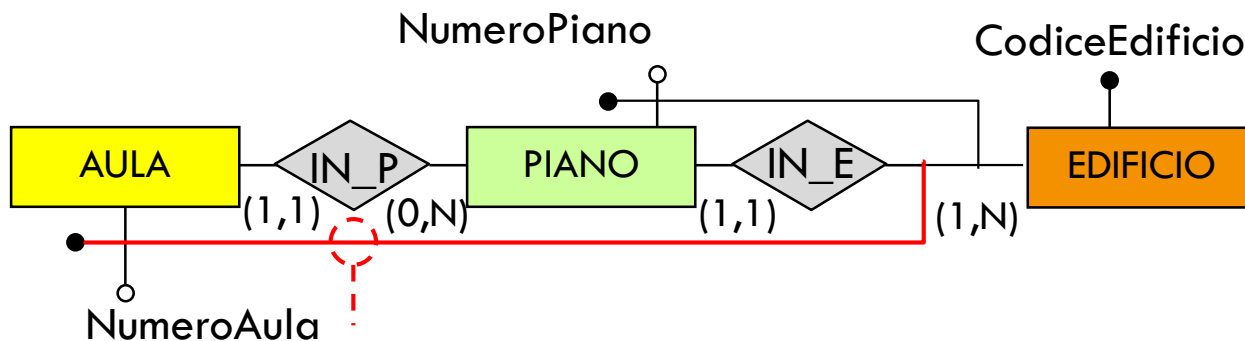


A ogni piano di un edificio le aule sono numerate progressivamente.

Esempi:

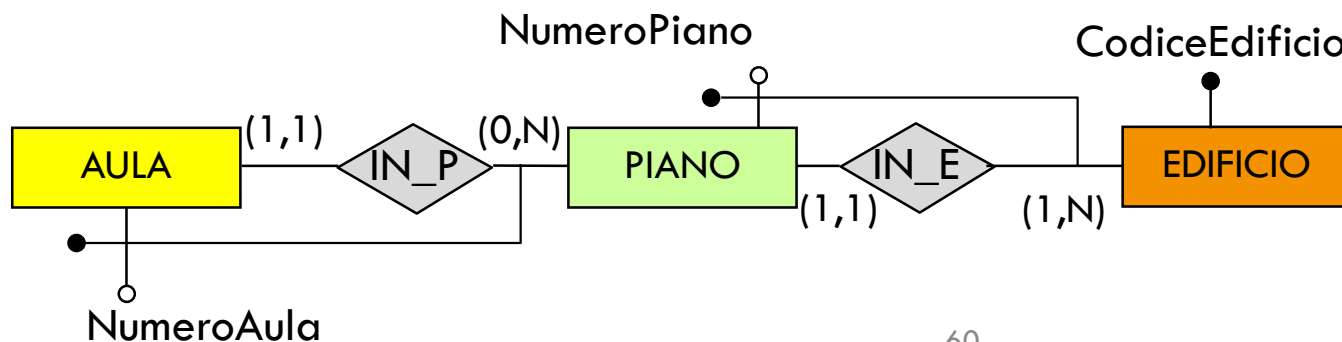
Aula 1 - Piano 2 - Edificio A

Aula 1 - Piano 2 - Edificio B



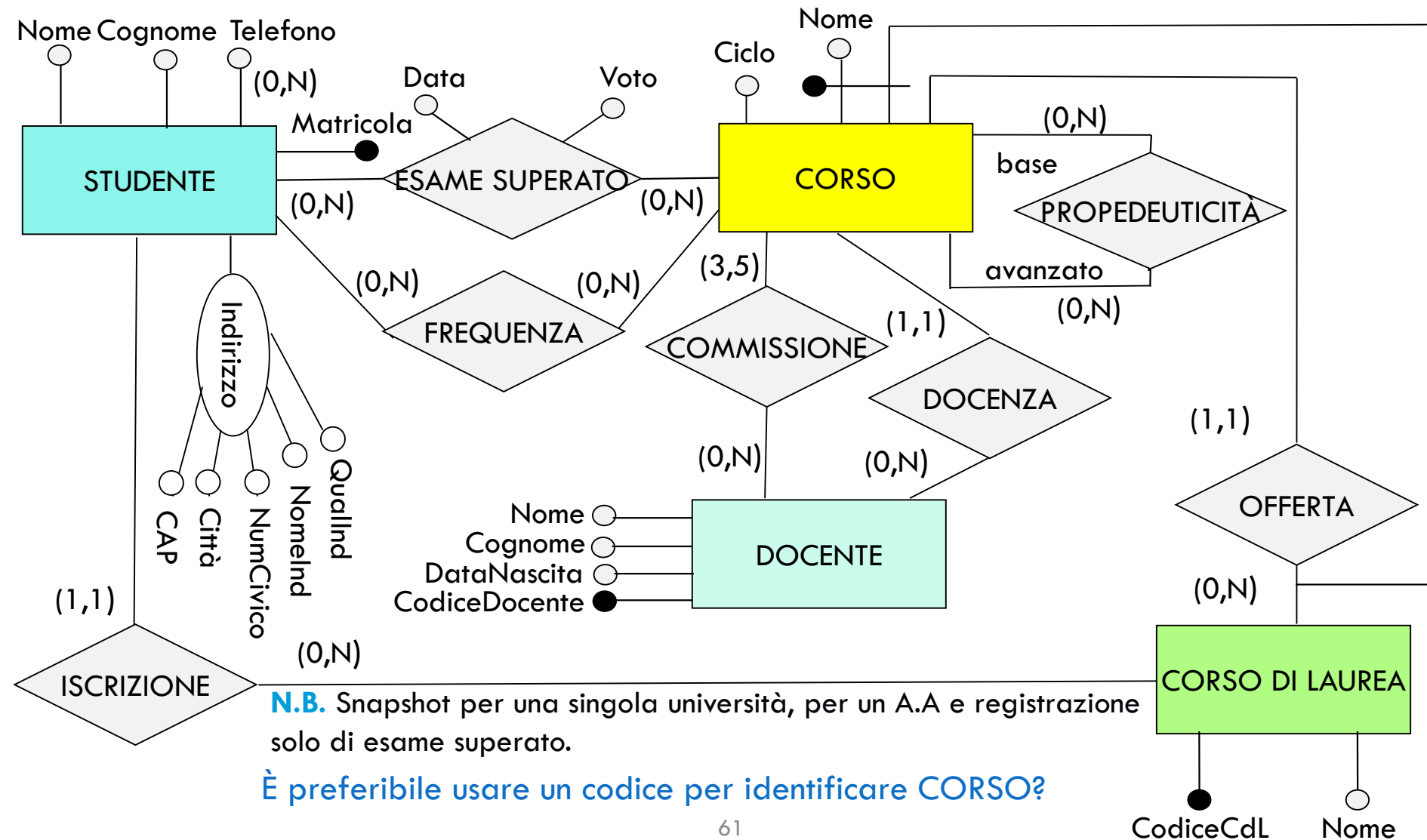
Questo schema è errato.

Non è possibile utilizzare EDIFICIO nell'identificazione di AULA dato che non esiste un legame diretto.



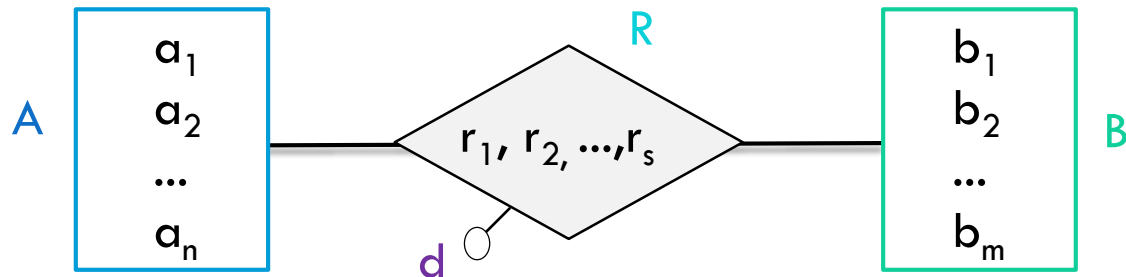
Una soluzione possibile è quella di utilizzare l'identificatore esterno composto {NumeroAula, PIANO}.

Uno schema E/R (ancora incompleto!)

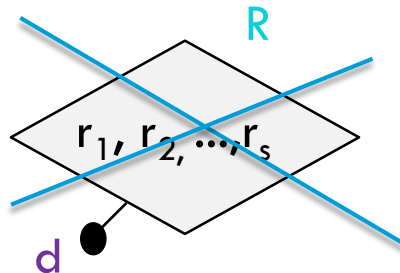


Note sugli attributi di una associazione (1)

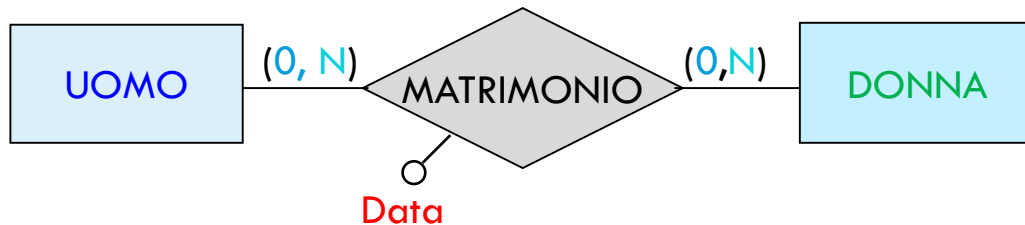
- È importante fare attenzione all'uso di attributi in un'associazione.



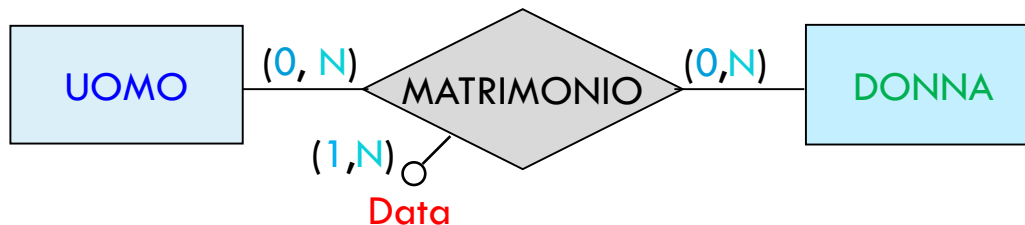
- Ogni istanza r_k dell'associazione R è dotata di un proprio valore per l'attributo d ; d'altro canto si tenga presente che la semantica del modello E/R impedisce di usare d per identificare le istanze di R .



Pattern ricorrenti: il matrimonio (1)



Non possono essere presenti nell'associazione MATRIMONIO due istanze (U_i, D_j, d_1) e (U_i, D_j, d_2) , dunque uno stesso uomo non può risposare la stessa donna (una stessa donna non può risposare lo stesso uomo).

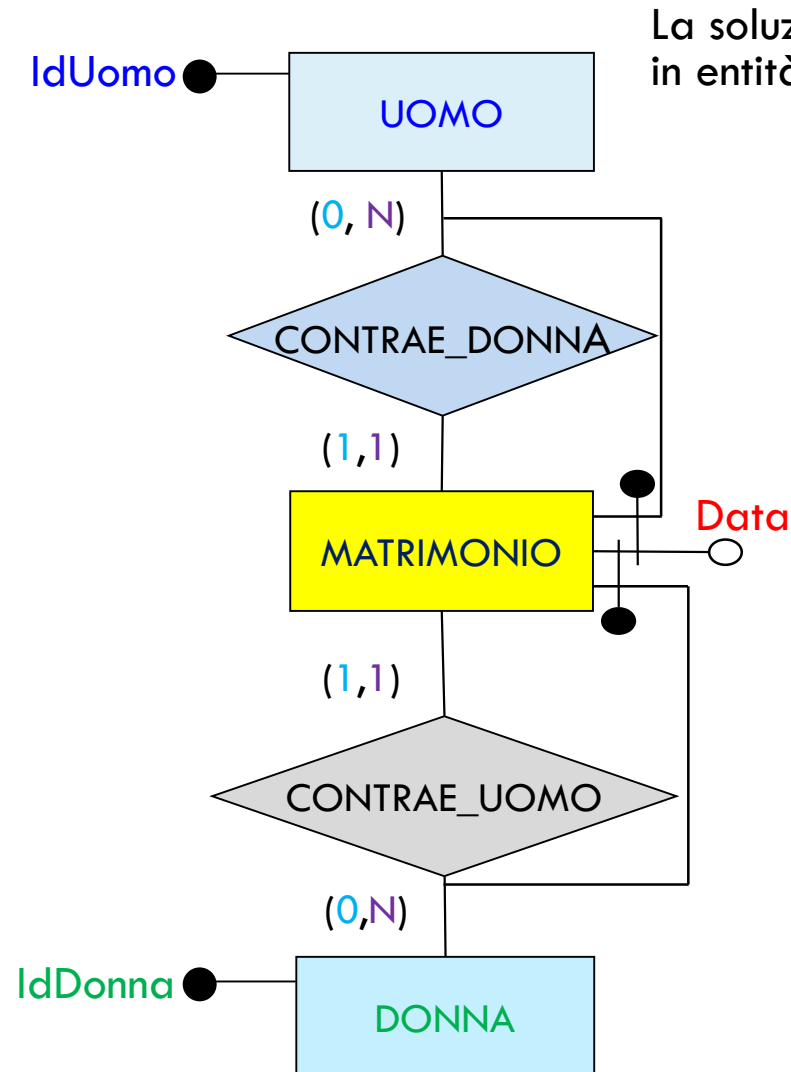


Un uomo può risposare la stessa donna più volte (una donna può risposare lo stesso uomo più volte) ma non nella stessa data.

N.B. In entrambi gli schemi:

- uno stesso uomo può sposarsi più volte con donne diverse nella stessa data;
- una stessa donna può sposarsi più volte con uomini diversi nella stessa data.

Esempio: il matrimonio (2)

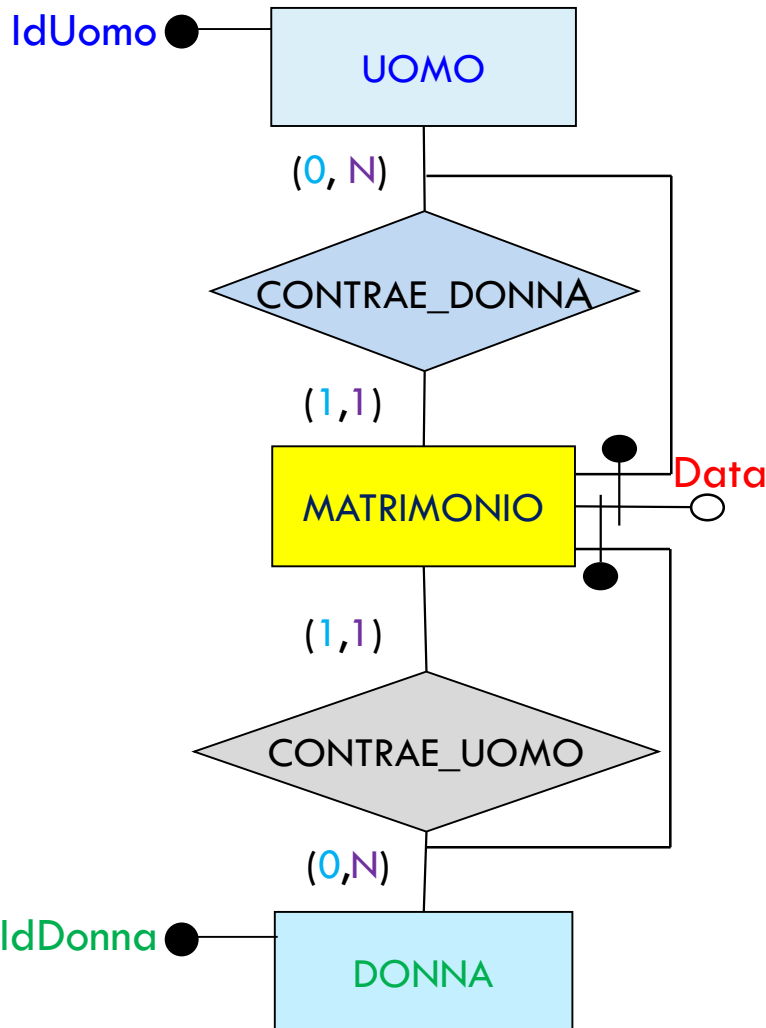


La soluzione consiste nel trasformare l'associazione MATRIMONIO in entità (“**reificazione**”), e usare identificazione esterna.

- Uno stesso uomo e una stessa donna possono anche risposarsi tra loro.
- Un uomo non può contrarre più di un matrimonio nello stesso giorno.
- Una donna non può contrarre più di un matrimonio nello stesso giorno.
- N.B. Entrambi i vincoli devono essere rispettati, pertanto a livello di schema relazionale si sceglierà come **chiave primaria** di MATRIMONIO uno dei due identificatori $\{\text{IdDonna}, \text{Data}\}$ o $\{\text{IdUomo}, \text{Data}\}$, e si imporrà il rispetto dell'altro vincolo.
 $\text{IdDonna}, \text{Data} \rightarrow \text{IdUomo}; \text{IdUomo}, \text{Data} \rightarrow \text{IdDonna}$
- N.B. È un errore prevedere che $\{\text{IdUomo}, \text{Data}, \text{IdDonna}\}$ identifichino MATRIMONIO nella progettazione dello schema relazionale! Ciò non rispetta infatti la semantica dello schema E/R.

Esempio: il matrimonio (3)

Se scegliessimo **erroneamente** {IdUomo, Data, IdDonna} come chiave primaria della relazione:



MATRIMONIO a livello estensionale

<u>IdUomo</u>	<u>Data</u>	<u>IdDonna</u>
U1	12/02/2002	D3
U2	15/04/2002	D5
U2	12/02/2002	D3

Dato lo schema E/R **questa estensione** non è ammissibile:
 non soddisfa il vincolo: IdDonna, Data → IdUomo
 soddisfa solo il vincolo: IdUomo, Data → IdDonna

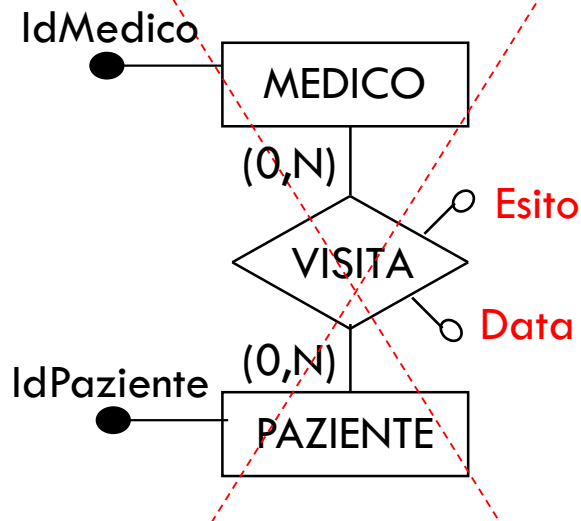
E inoltre **sarebbe possibile violare entrambi i vincoli**.

Sarebbe infatti ammessa anche l'estensione:

<u>IdUomo</u>	<u>Data</u>	<u>IdDonna</u>
U1	12/02/2002	D3
U2	12/02/2002	D2
U1	12/02/2002	D2

Esempio: la visita (1)

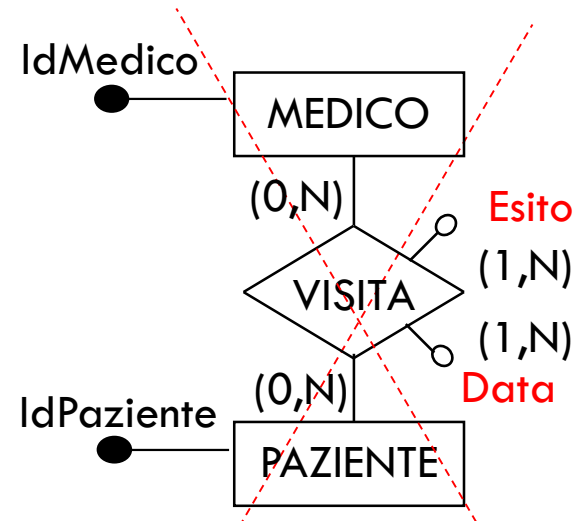
- Se gli attributi sono più di uno e ripetuti, la soluzione più elegante consiste nell'introduzione di una nuova entità.



*un medico potrebbe visitare
una sola volta un paziente*

ASSURDO !

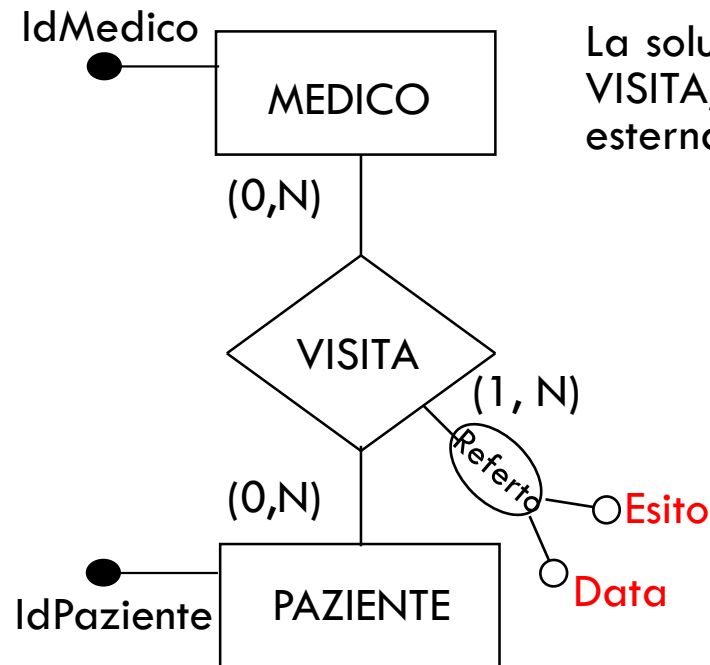
N.B. Si può anche interpretare lo schema affermando che non si tiene traccia dello storico delle visite di uno stesso paziente effettuate da uno stesso medico.



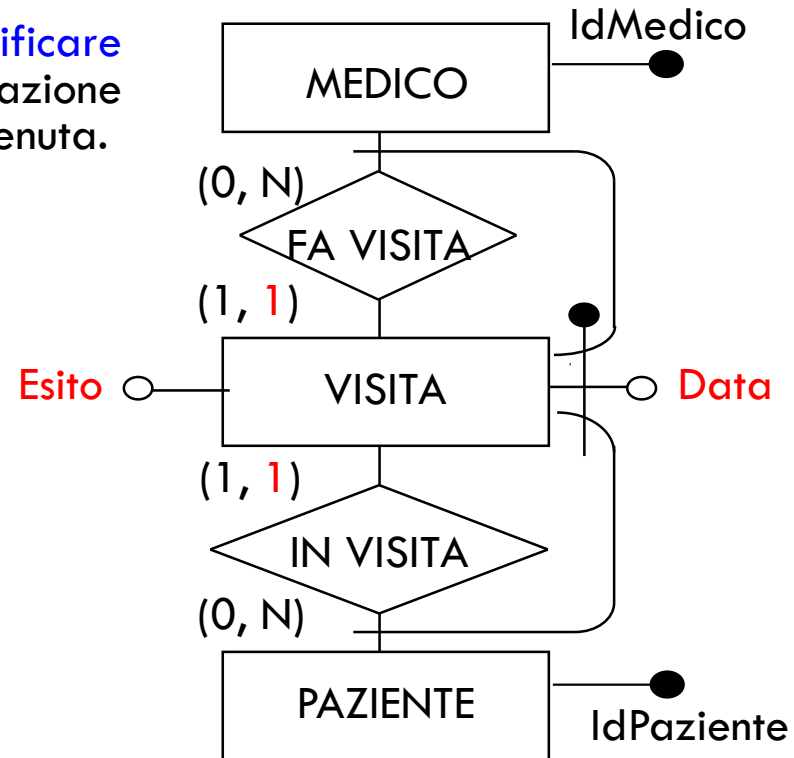
*non sarebbe possibile associare
l'esito della visita alla data in cui è
stata effettuata*

ERRATO

Esempio: la visita (2)



La soluzione consiste nel **reificare** VISITA, e usare l'identificazione esterna per l'entità così ottenuta.

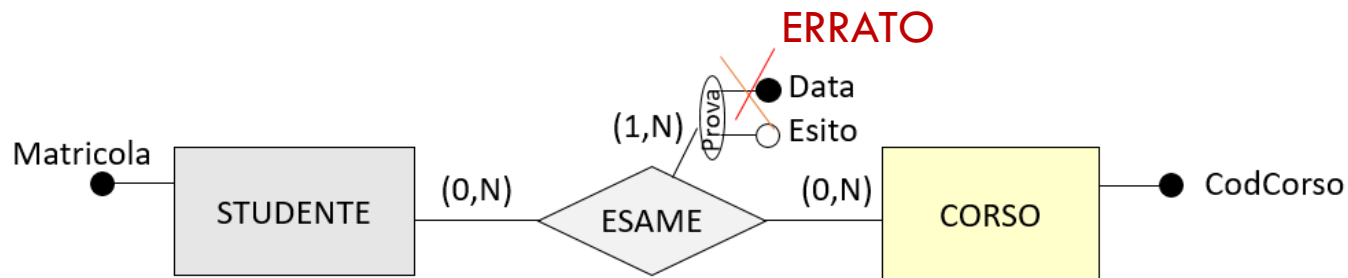


Può essere CORRETTO (se sono ammesse anche più visite a un paziente da parte di uno stesso medico in uno stesso giorno) ma certamente poco leggibile.

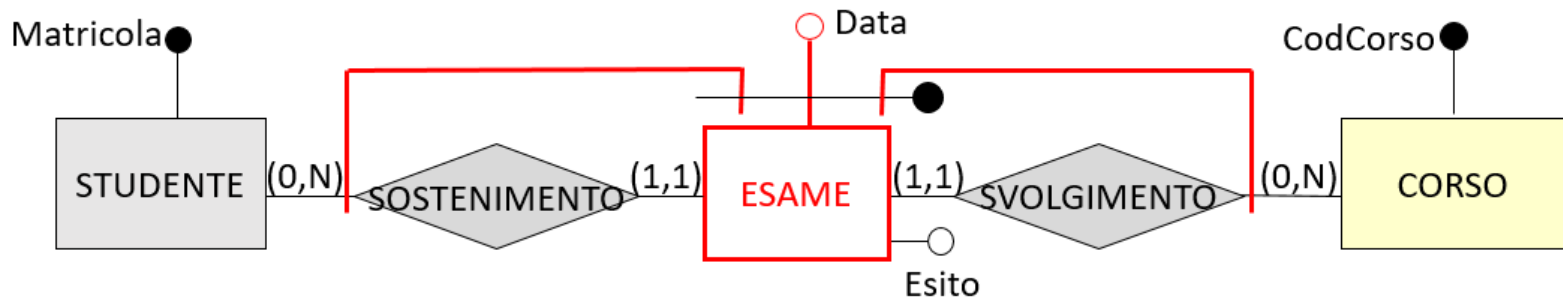
Nell'ipotesi che un medico non visiti lo stesso paziente più di una volta nello stesso giorno.

Riepilogo: reificazione di un'associazione

Se un'associazione ha un attributo composto e ripetuto, e uno degli attributi componenti è necessario per identificare le istanze dell'associazione, si trasforma l'associazione in entità e si crea un identificatore misto.

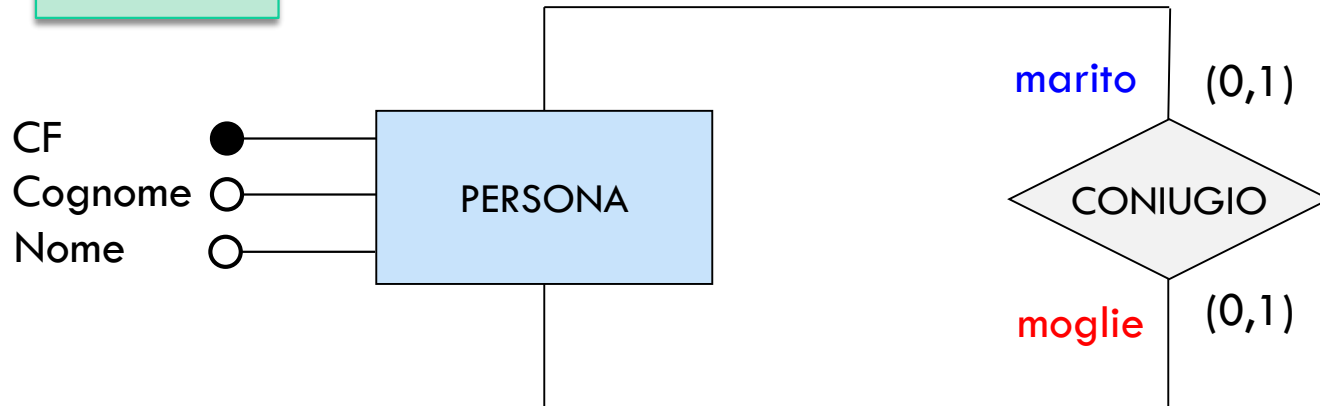


Dominio di Esito: {ritirato, respinto, rifiutato, 18, 19, ..., 30L}



Associazioni ad anello non ricorsive: esempi

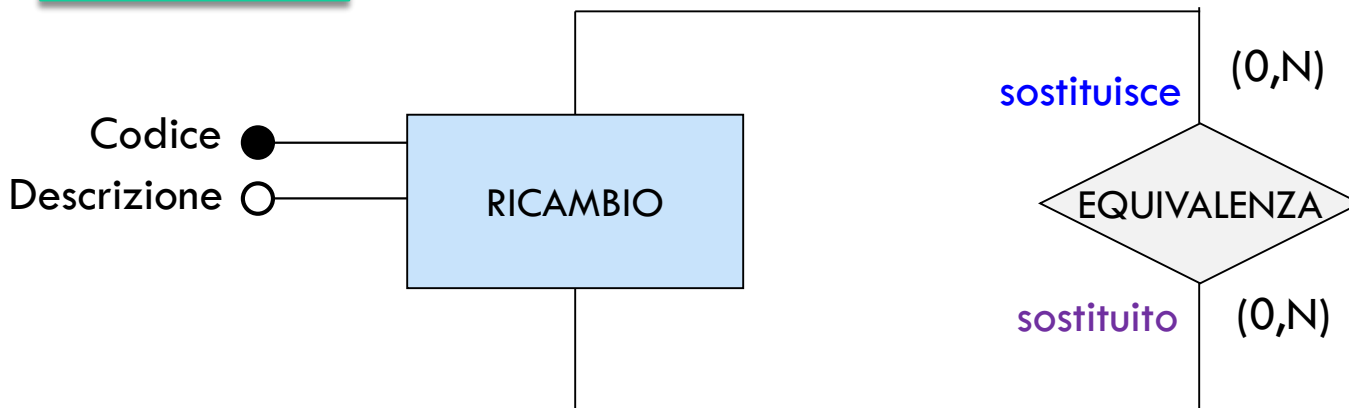
one to one



marito moglie

A100	A250
A130	A150
A070	A350
.....	
.....	
A110	A050

many to many



Non bidirezionale

sostituisce sostituito

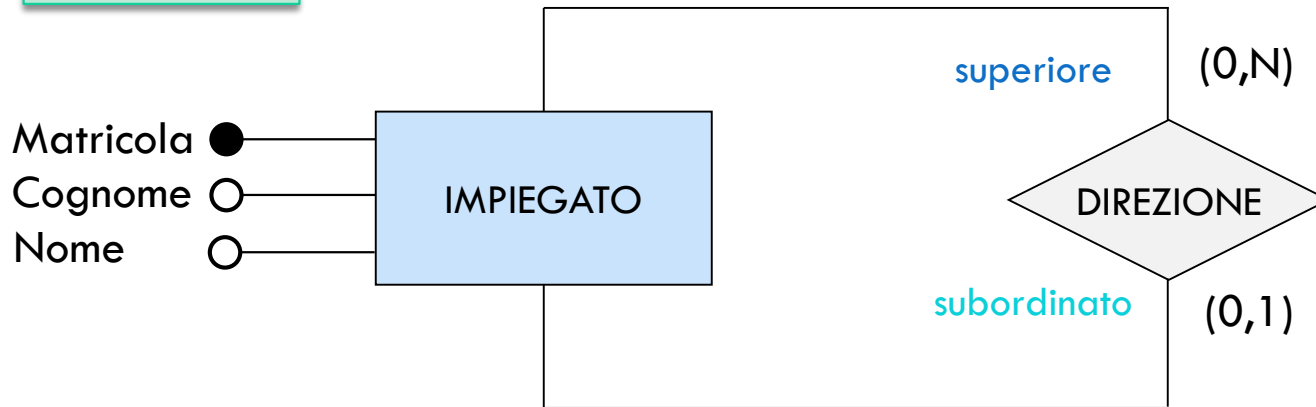
R100	R250
R100	R300
R200	R300
.....	

Bidirezionale

R100	R250
R250	R100
R100	R300
.....	

Associazioni ad anello ricorsive: gerarchia

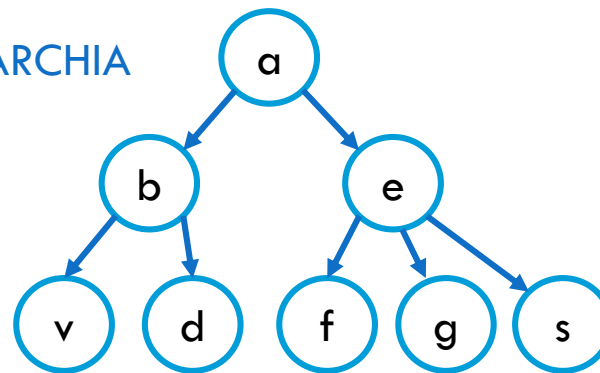
one to many



superiore subordinato

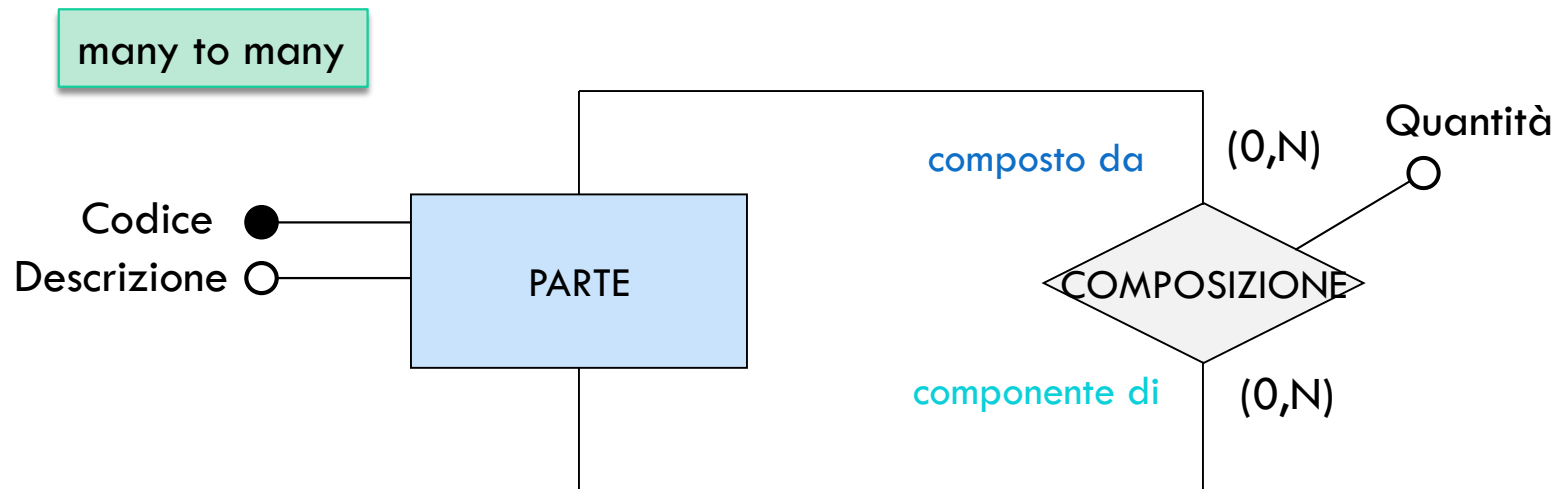
a	b
a	e
b	v
b	d
e	f
e	g
e	s

GERARCHIA

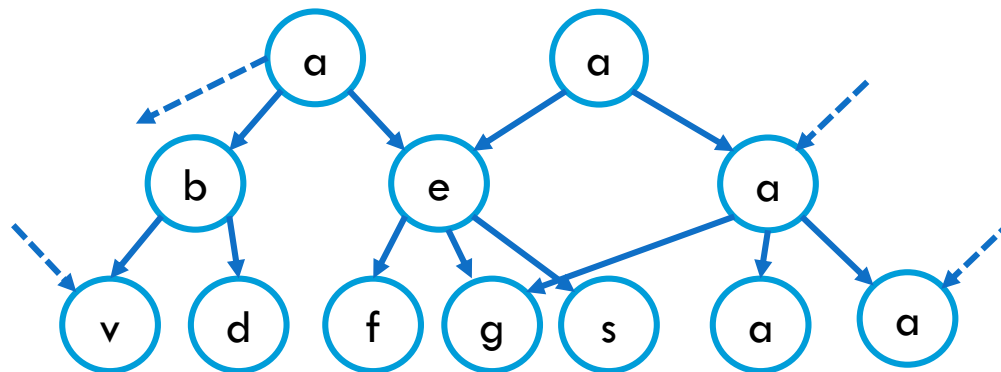


Grafo orientato aciclico, paternità singola

Associazioni ad anello ricorsive: part of

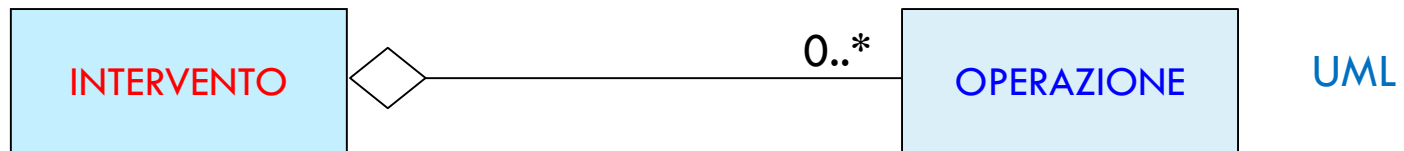


Grafo orientato aciclico, paternità multipla



Aggregazione

- Nel modello E/R di base non vi è un costrutto particolare per l'aggregazione, astrazione che consente di rappresentare il concetto di **parte di (part of)**. Si deve pertanto ricorrere a un'associazione. Nel linguaggio di modellazione UML ciò è invece possibile.

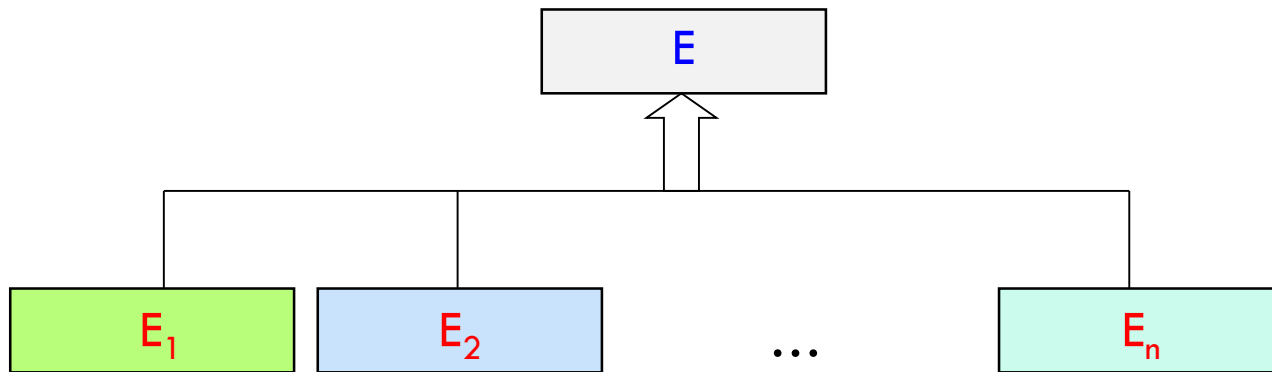


- Un intervento di manutenzione su un apparato **si compone di** 0 o più operazioni di sostituzione. Un'operazione di sostituzione **è parte di** un intervento di manutenzione.



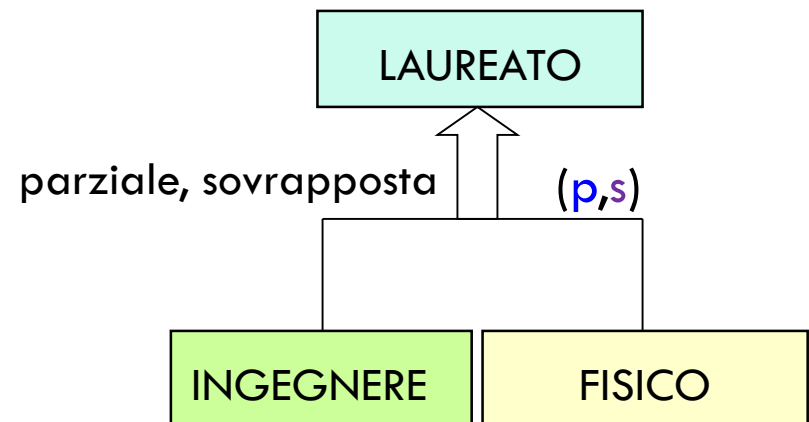
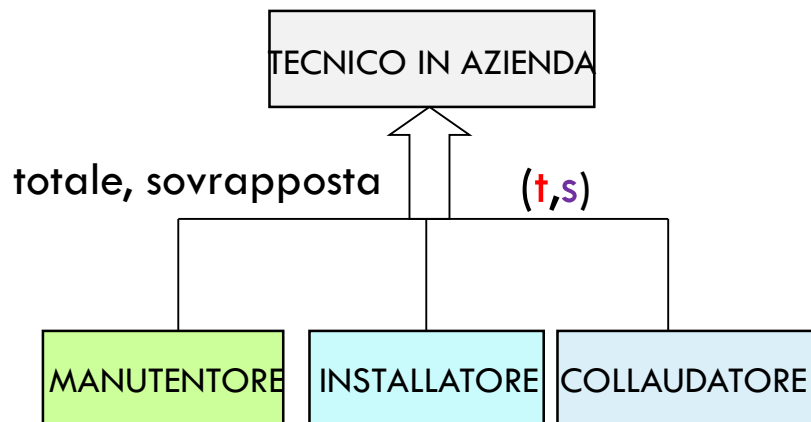
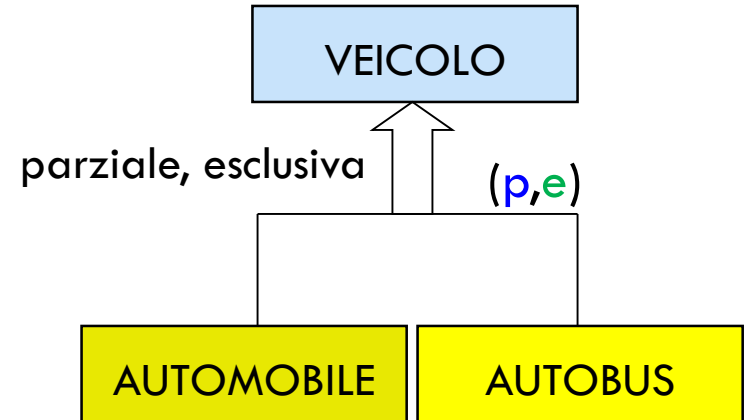
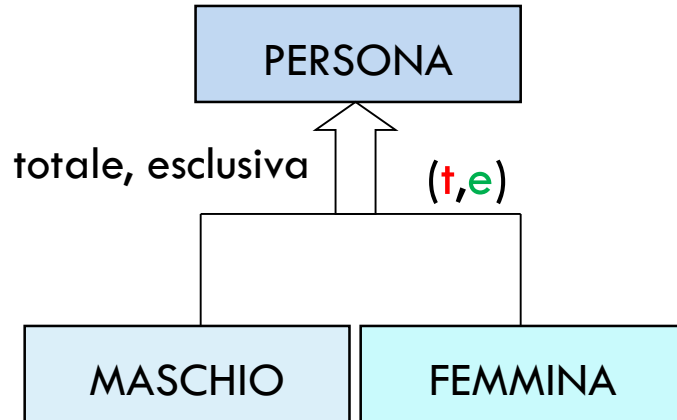
Generalizzazione

- I concetti di generalizzazione e specializzazione sono stati già introdotti in precedenza. Si rimanda pertanto, per le definizioni formali, alla lezione sui meccanismi d'astrazione. Ovviamente è sufficiente sostituire al termine “classe” il termine “entità”, a “sottoclasse” il termine “entità figlia” e a “superclasse” il termine “entità madre” o “entità genitore”.



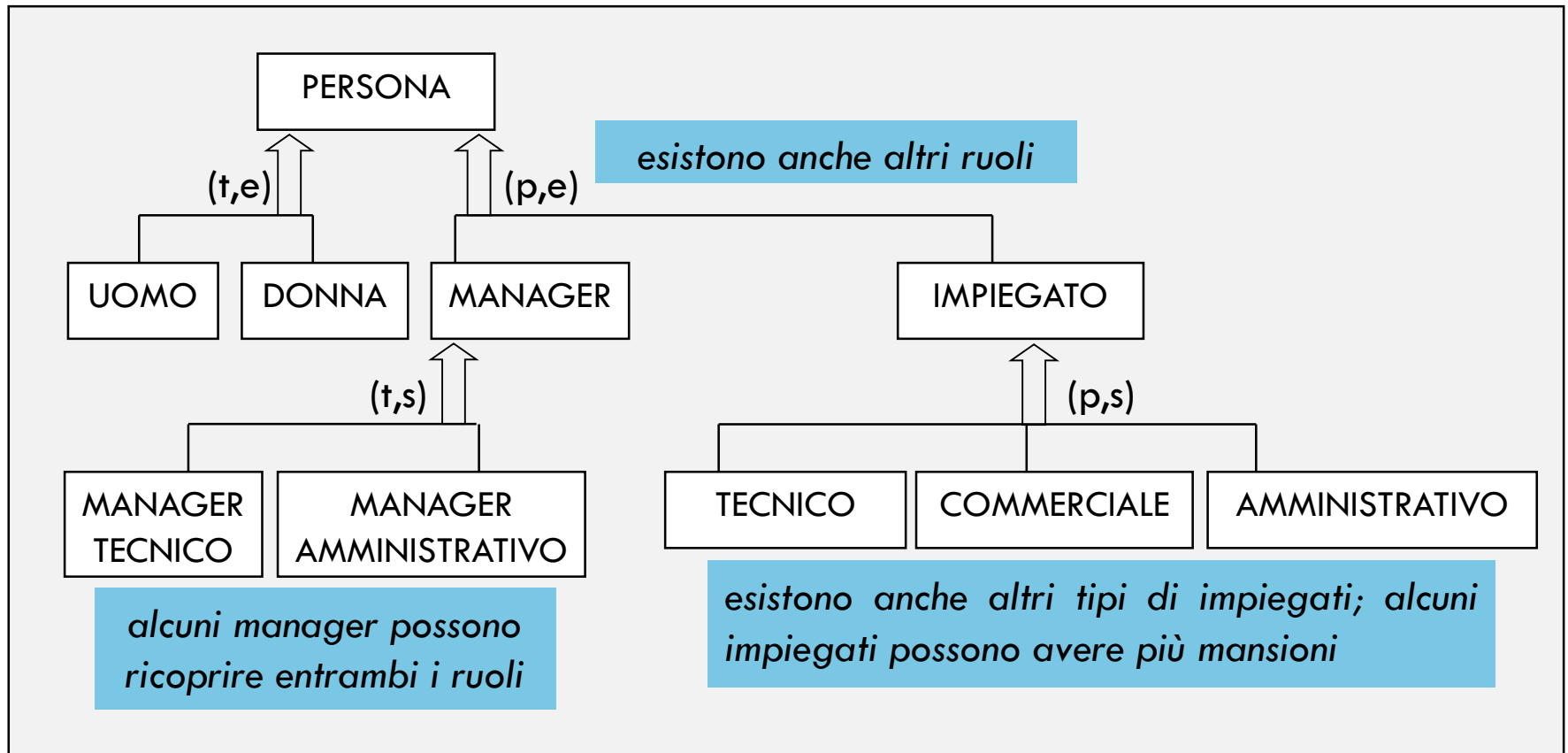
- Per una generalizzazione, che non sia un semplice subset, deve essere specificato anche il tipo di copertura.
- Le proprietà di E sono ereditate da E1, E2, ... En (non vale l'inverso): ogni Ei possiede gli attributi di E e partecipa alle associazioni definite per E (non devono quindi essere replicati nello schema, sarebbe un errore).

Proprietà di copertura – esempi



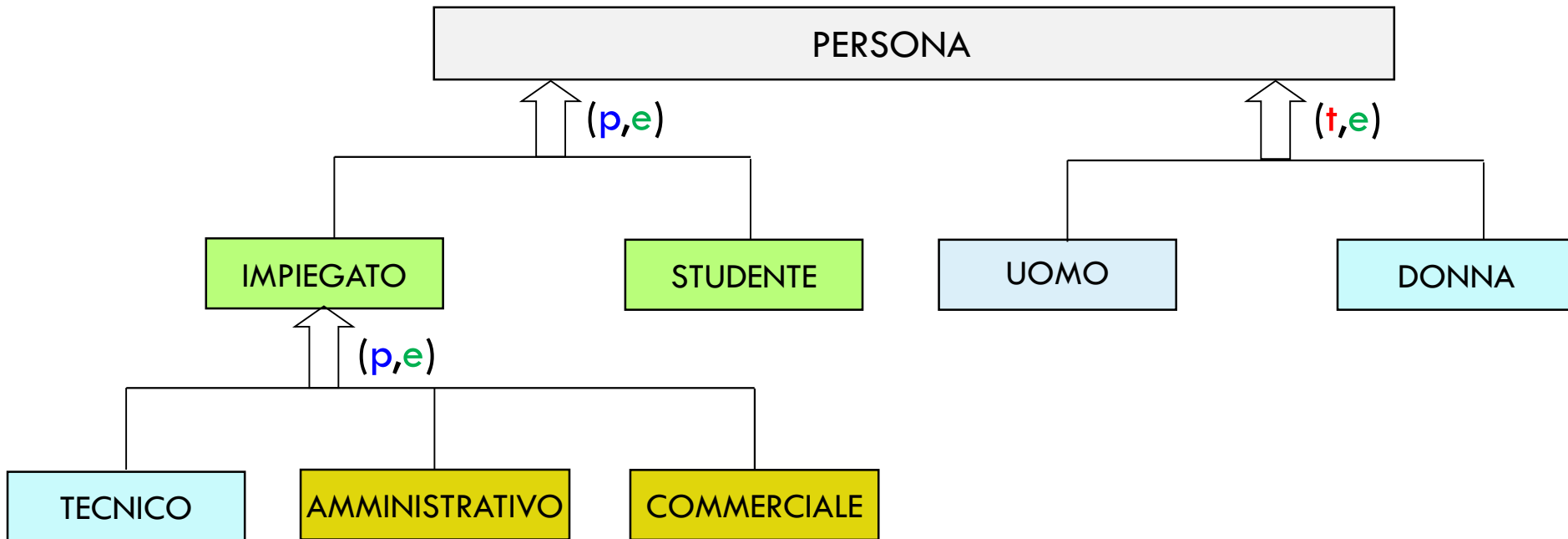
N.B. La classe madre TECNICO IN AZIENDA fa riferimento ad uno specifico contesto aziendale.

Gerarchia di generalizzazione: un esempio



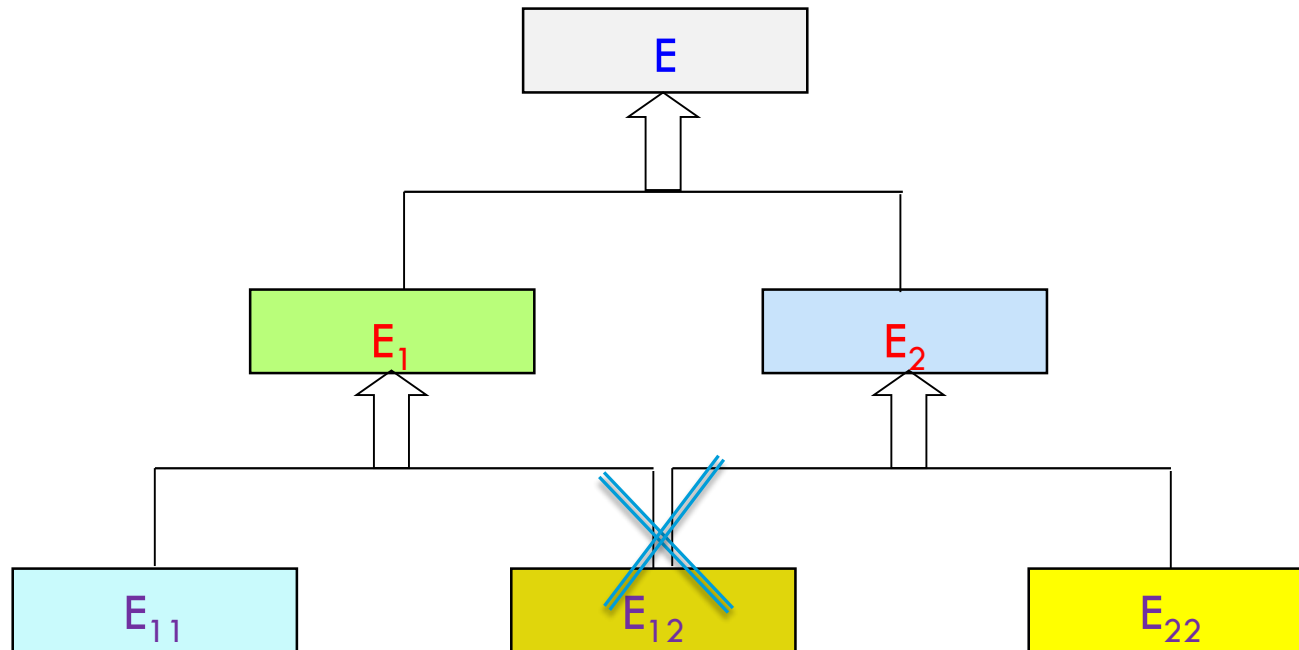
Più generalizzazioni: stessa entità madre

- Un'entità può essere madre di diverse entità in diverse generalizzazioni.



Ereditarietà singola

- Una gerarchia di generalizzazione impone il vincolo che ciascuna sottoclasse abbia una sola superclasse (**ereditarietà singola**). Alcune estensioni del modello prevedono la modellazione di **ereditarietà multipla**.

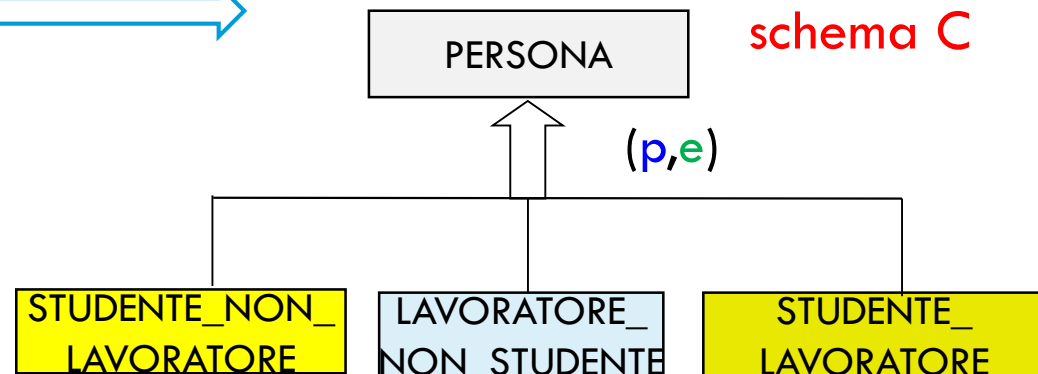
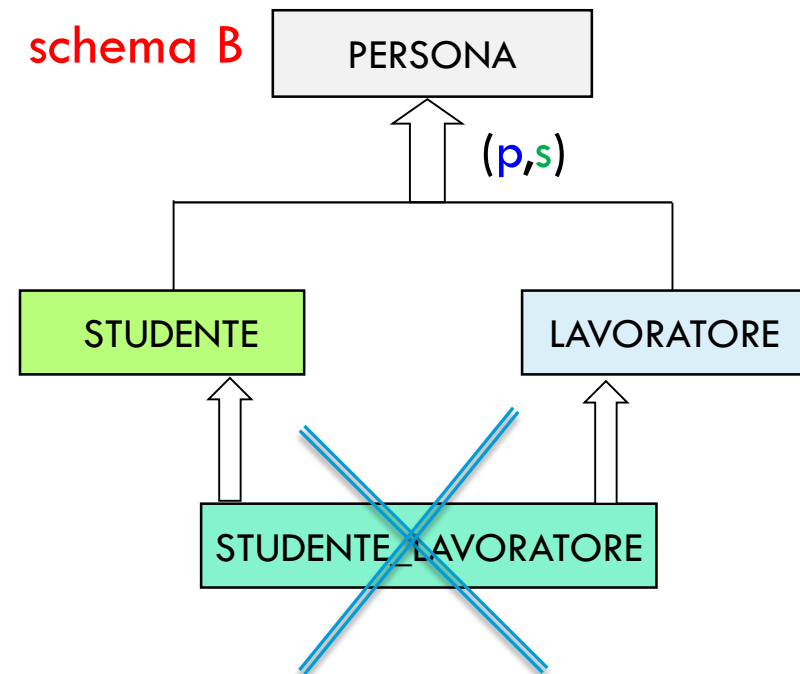
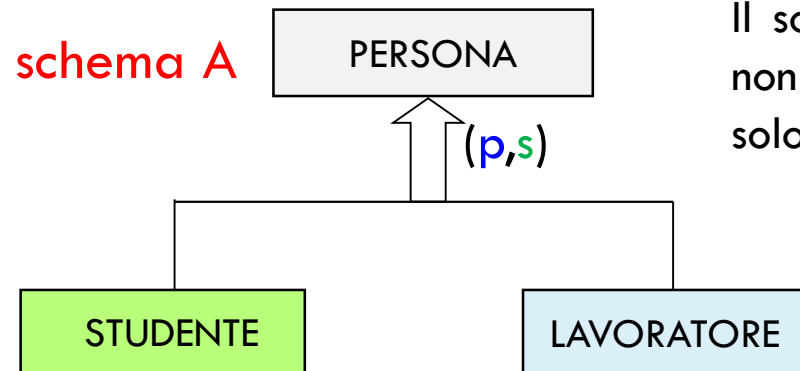


E_{12} non può essere sia figlia di E_1 sia figlia di E_2

Problema dell'ereditarietà multipla

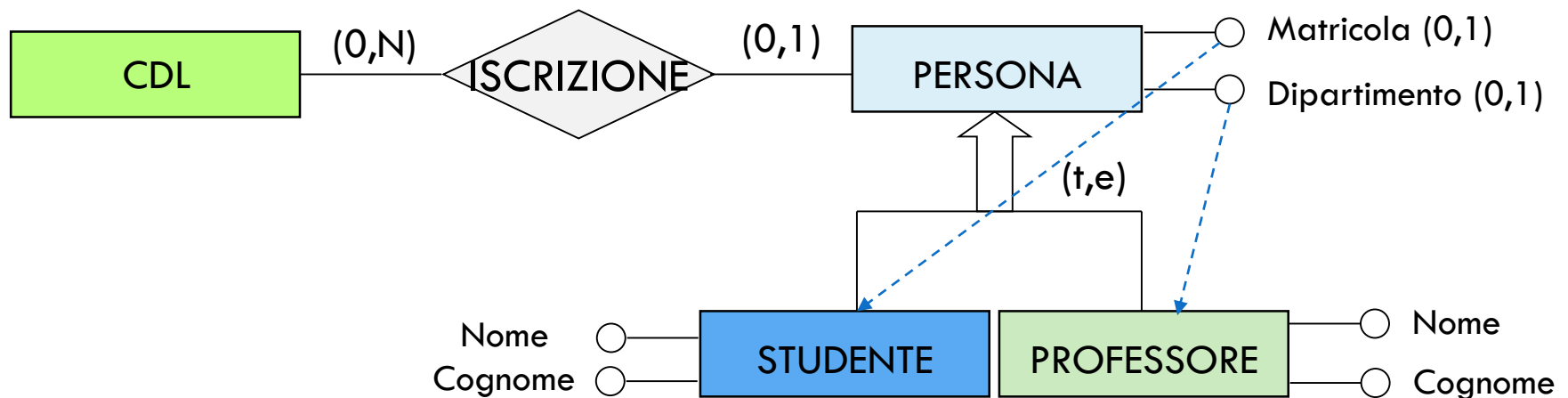
Il solo ricorso a una gerarchia sovrapposta (**schema A**) non consente di specificare proprietà che sono valide solo se una persona è sia studente sia lavoratore.

In assenza di un costrutto che permetta ereditarietà multipla (**schema B**) si può adottare una soluzione (**schema C**) che, tuttavia, non ha la medesima espressività e costringe alla replicazione di attributi nello schema.



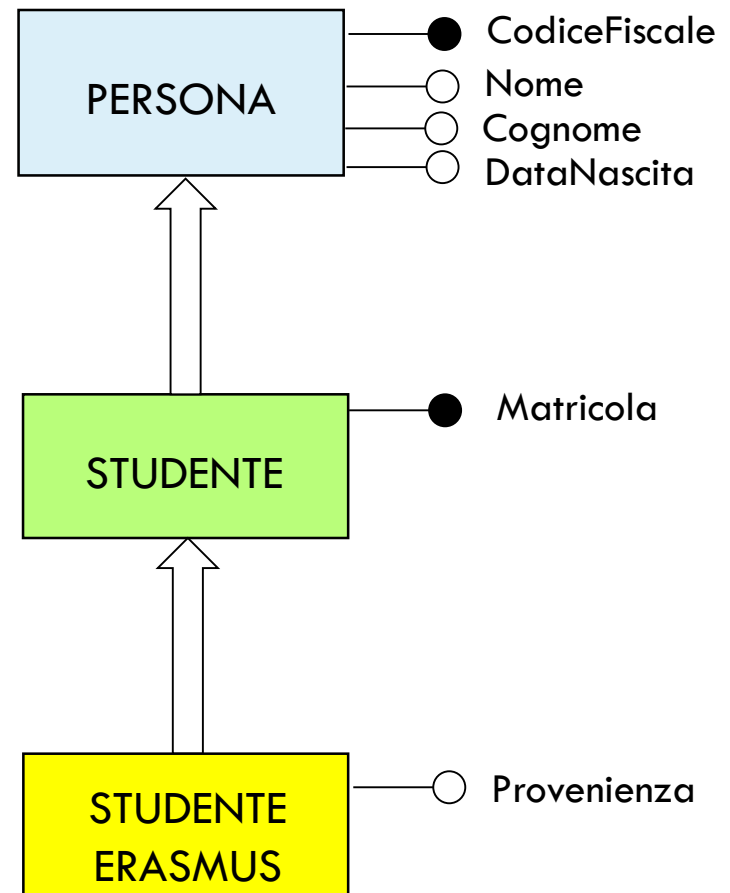
Ereditarietà delle proprietà

Gli attributi comuni lungo una gerarchia devono essere riferiti all'entità più generica (in cui sono presenti obbligatoriamente); analogamente per le associazioni.

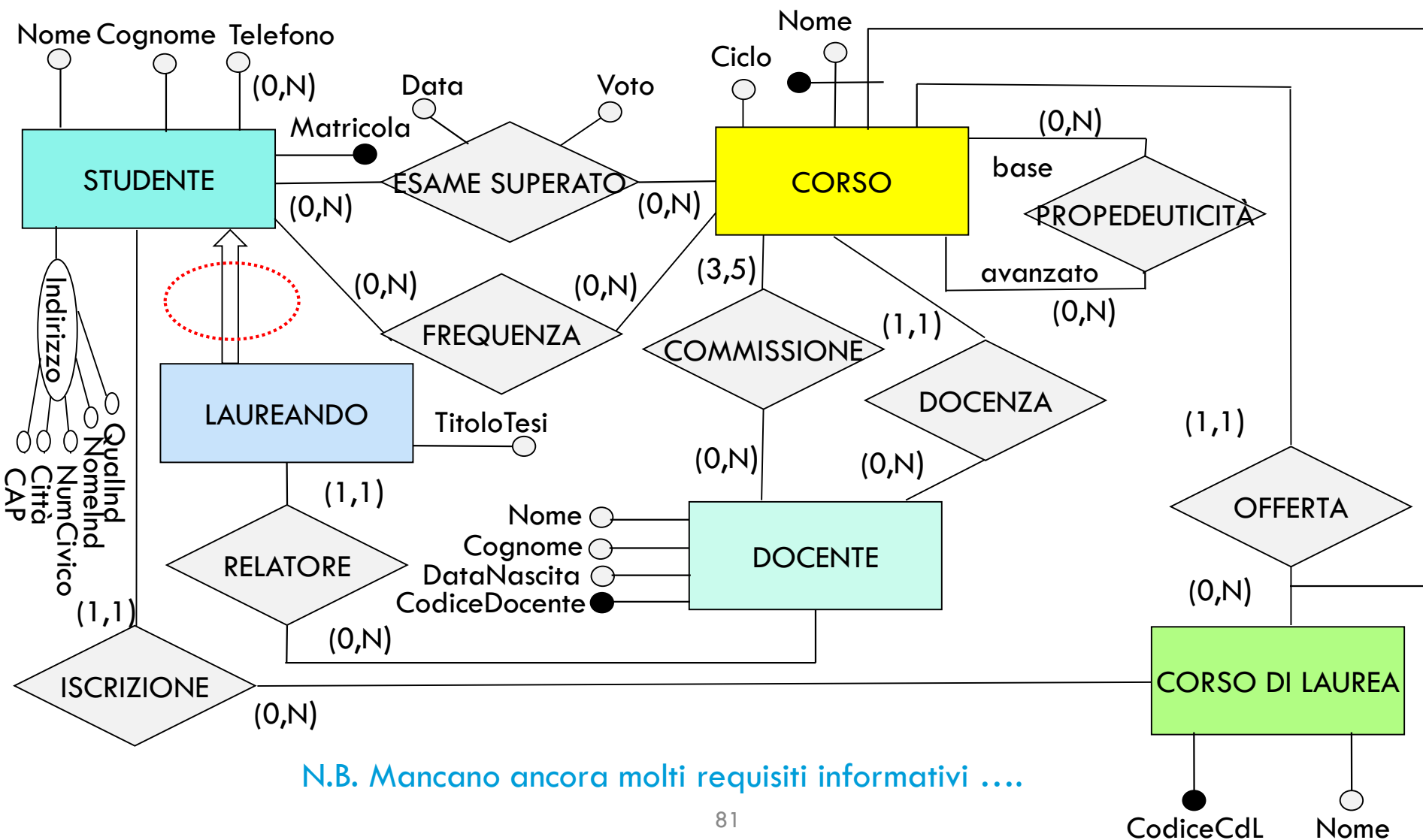


Subset

- **Subset:** è un caso particolare di gerarchia (is a) in cui si evidenzia una sola classe specializzata.
 - ▣ ogni istanza di **Studiante** è anche un'istanza di **PERSONA**;
 - ▣ **Studiante** eredita le proprietà di **PERSONA** e in più possiede una proprietà "Matricola";
 - ▣ Ogni istanza di **Studiante ERASMUS** è un'istanza di **STUDENTE**.
 - ▣ **Studiante ERASMUS** eredita le proprietà di **STUDENTE** e in più possiede una proprietà "Provenienza";
 - ▣ Non ha ovviamente senso parlare di tipo di copertura.

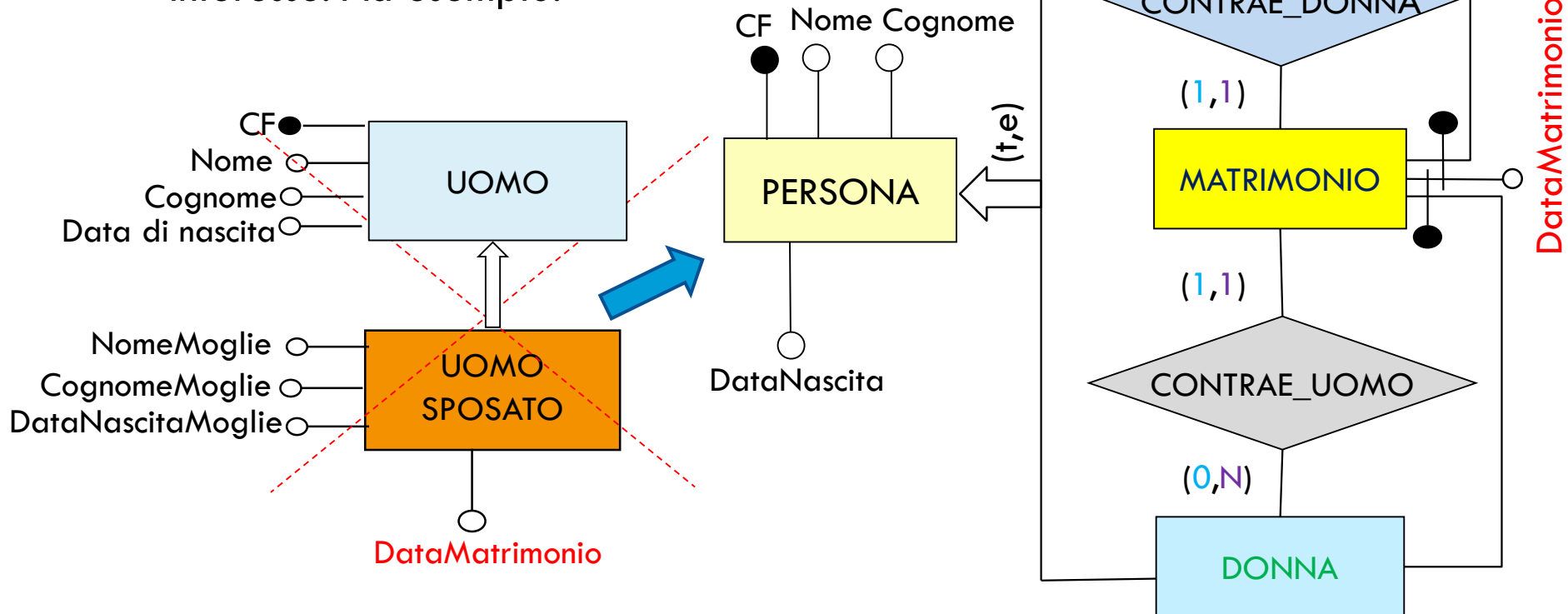


Un raffinamento dello schema E/R di esempio



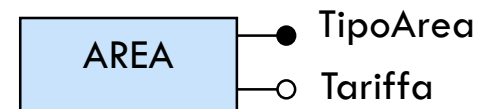
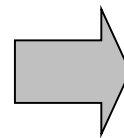
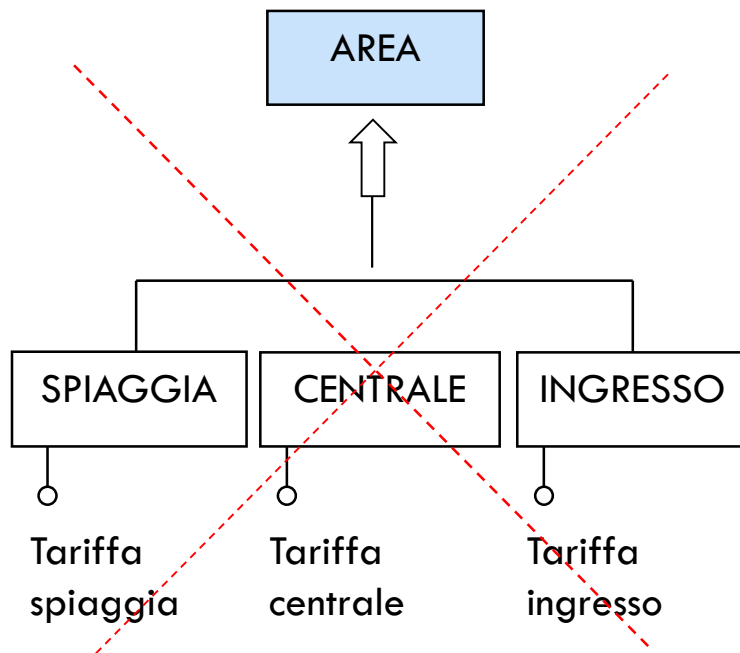
Gerarchie: modellare aspetti dinamici?

- Nell'ambito della progettazione concettuale E/R le gerarchie di generalizzazione non dovrebbero essere impiegate per modellare aspetti dinamici della realtà di interesse. Ad esempio:



Gerarchie prive di senso

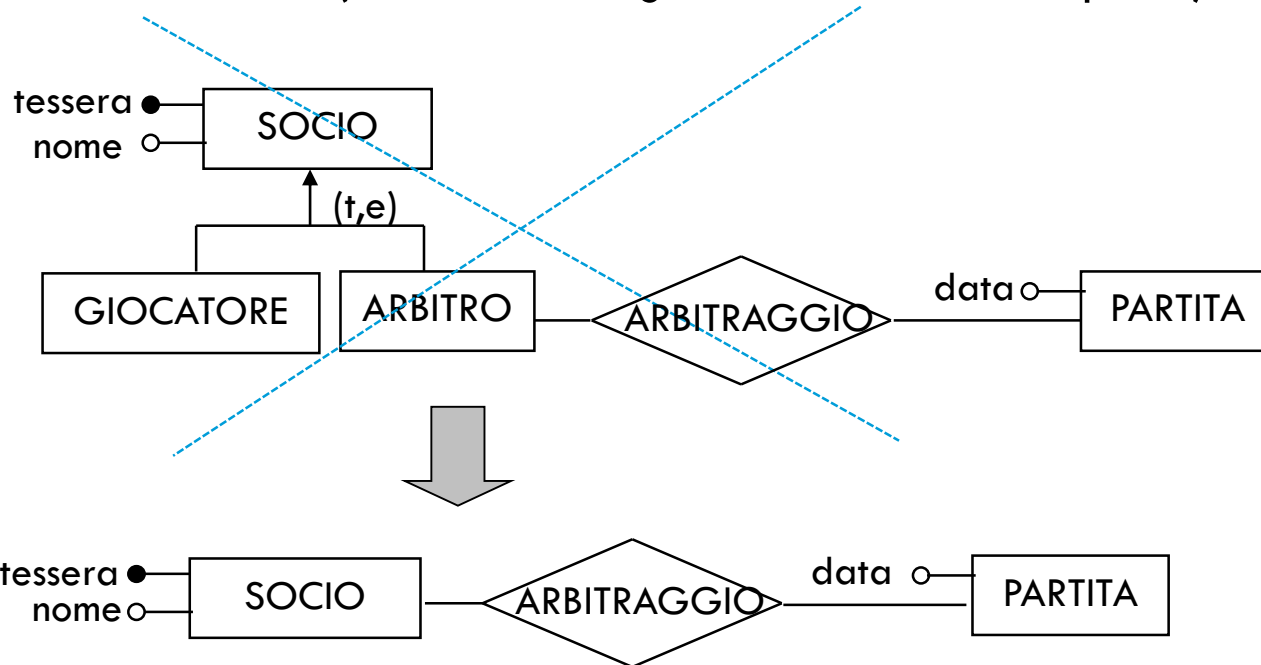
- Attenzione a non confondere entità con istanze di entità tentando di modellare attraverso gerarchie la conoscenza di specifiche istanze.
- Esempio: ... un campeggio è diviso in tre aree (spiaggia, centrale, ingresso) ognuna delle quali è caratterizzata da una certa tariffa ...



N.B. Si deve fare attenzione a non interpretare come tipologie (e quindi come specializzazioni di un'entità) quelle che sono solo istanze di un'entità.

Gerarchie: modellare ruoli nel tempo?

- Attenzione a non modellare attraverso gerarchie i ruoli che un'entità assume in diversi periodi temporali o in relazione ad altre entità:
- Esempio: ... un circolo di tennis organizza periodicamente alcuni tornei riservati ai soci.... gli arbitri delle partite sono soci che non partecipano al torneo... (si osservi il seguente schema incompleto).

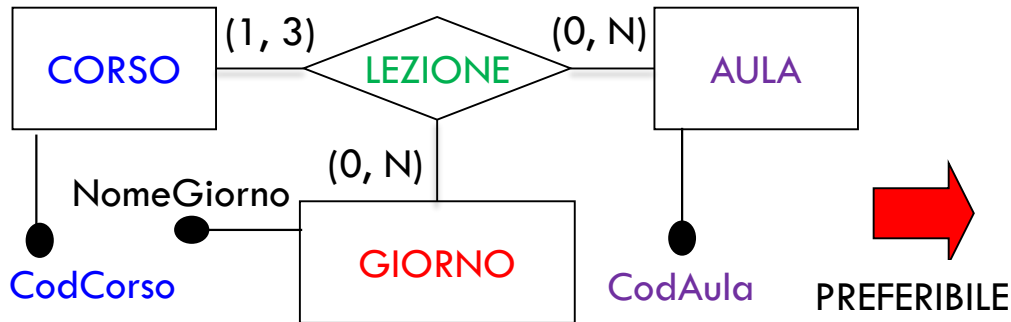


*Il ruolo di **ARBITRO** è temporaneo (in un altro torneo lo stesso **SOCIO** potrebbe partecipare come **GIOCATORE**).*

Il vincolo che gli arbitri delle partite di un torneo non partecipino al torneo stesso deve essere modellato dinamicamente in altro modo.

Associazioni ternarie: dipendenze funzionali

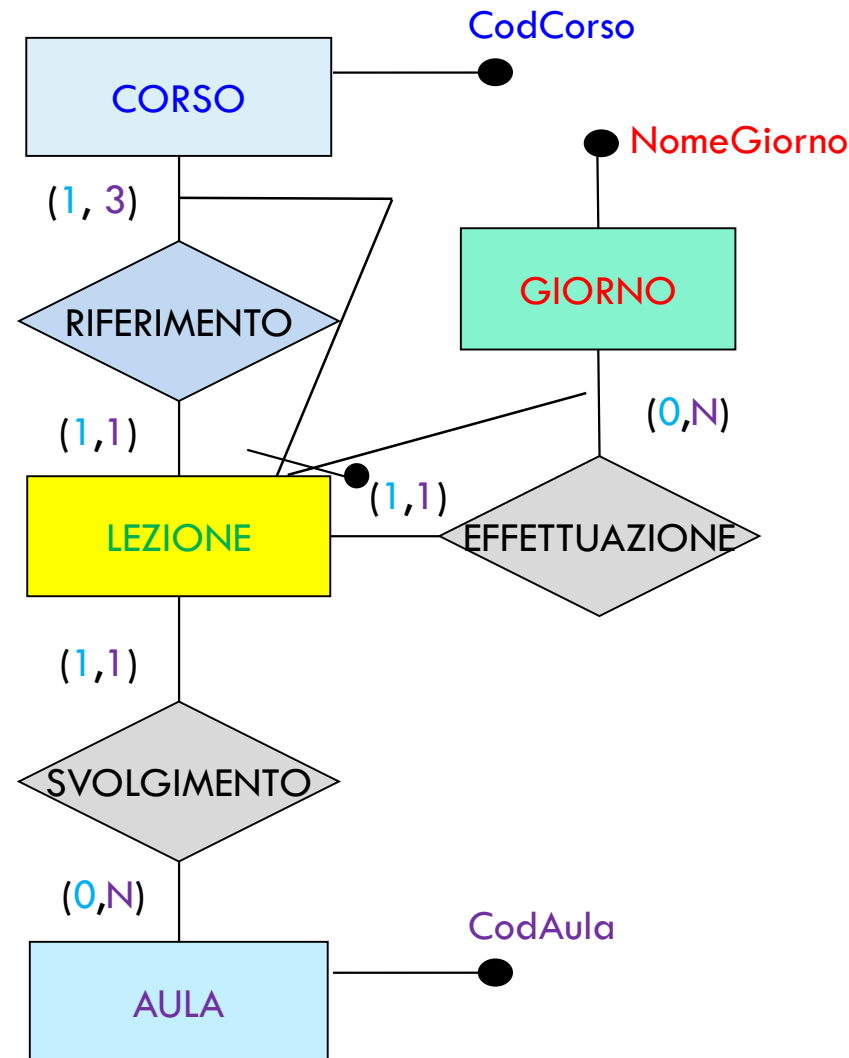
Quando in un'associazione ternaria esistono **dipendenze funzionali** tra le entità in gioco è **preferibile** sostituire la ternaria con associazioni binarie (**che modellano esplicitamente i vincoli del problema**), reificando l'entità **LEZIONE**.



L'associazione ternaria non modella il seguente vincolo:

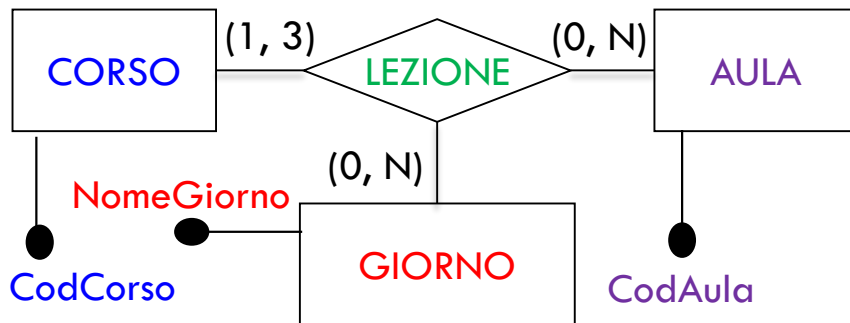
in un **giorno** della settimana si può tenere solo una **lezione** (in una specifica **aula**) di un **corso**:

CodCorso, NomeGiorno → **CodAula**.

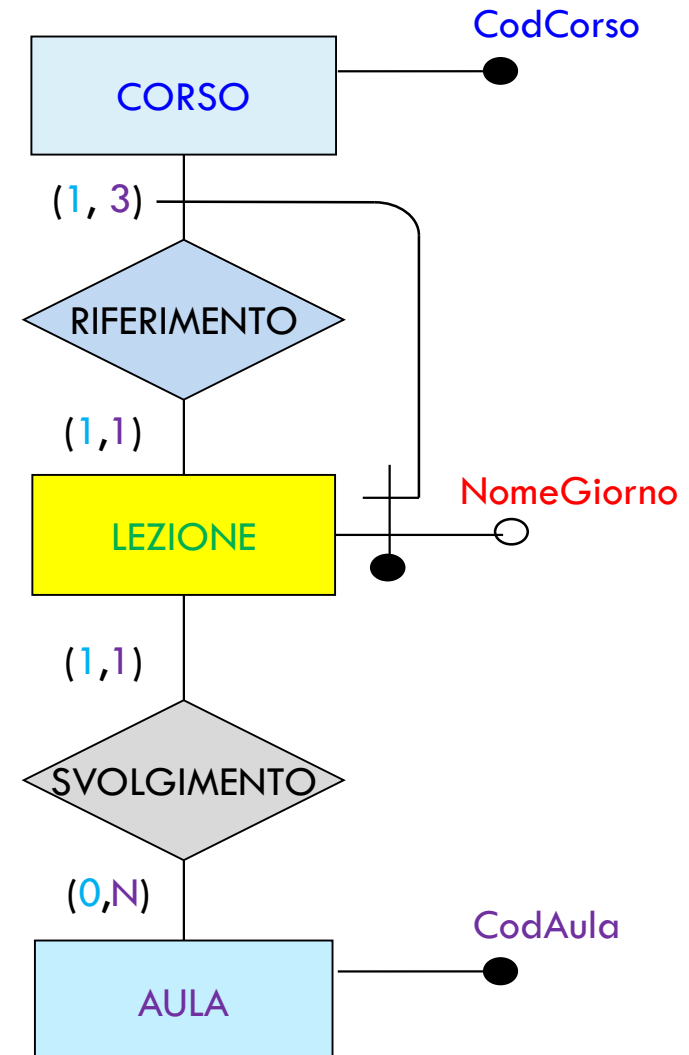


Raffinamento

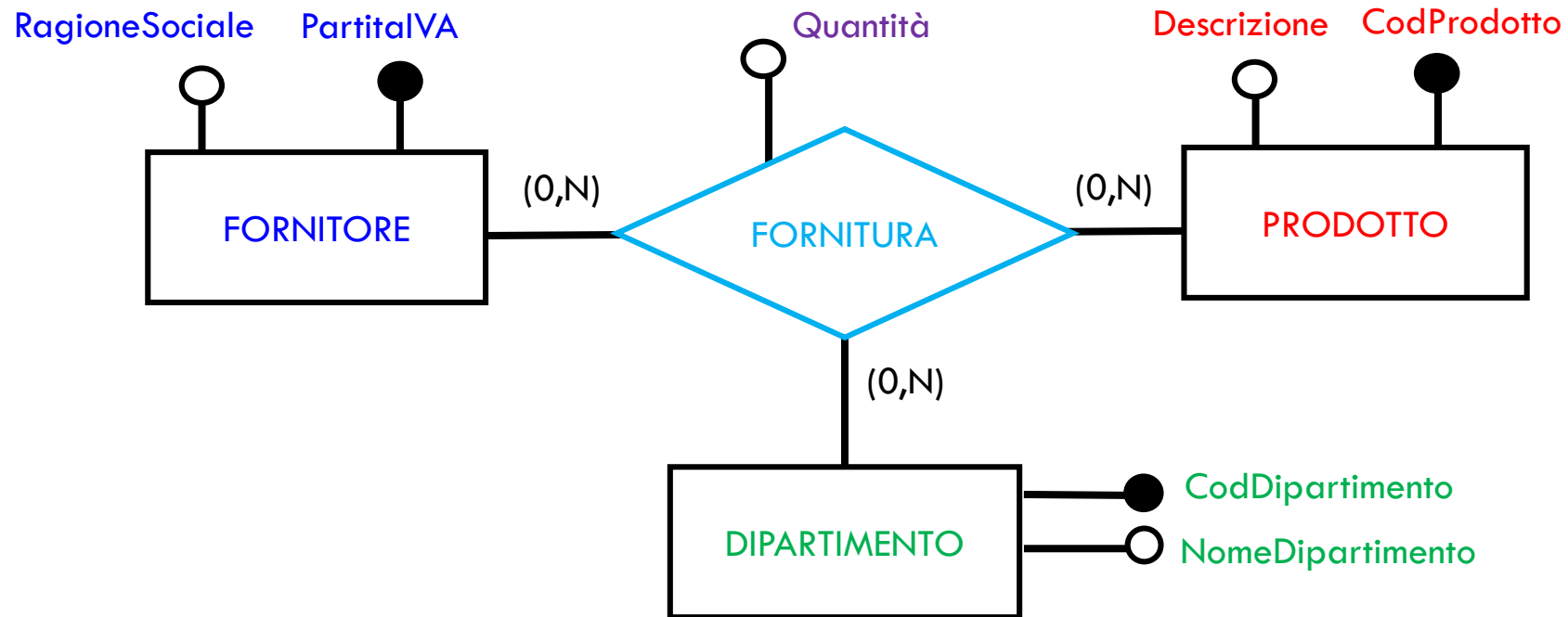
Si può semplificare tenendo conto che **GIORNO** ha un solo attributo, esplicitando quindi due sole associazioni binarie e identificando **LEZIONE** tramite l'attributo **NomeGiorno** e l'entità **CORSO**.



➔
PREFERIBILE



Associazioni ternarie: esempio



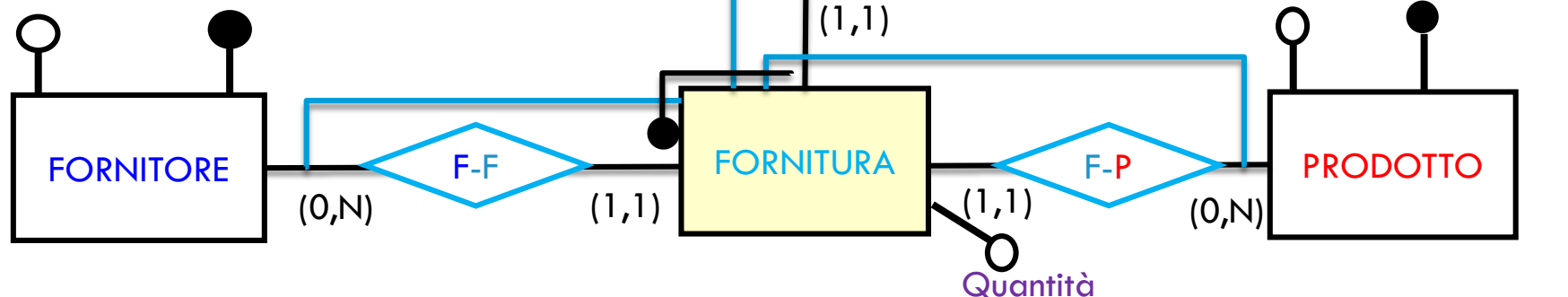
Non essendo specificati vincoli particolari, nell'estensione dell'associazione può comparire una qualunque tripla (f,p,d) (senza replicazioni ovviamente), abbinata a un valore q , avendo indicato con f un'istanza di **FORNITORE**, p un'istanza di **PRODOTTO** e d un'istanza di **DIPARTIMENTO** rispettivamente, e con q il valore dell'attributo **Quantità**.

Trasformazione con associazioni binarie

L'entità **FORNITURA** è identificata dalle entità **FORNITORE**, **PRODOTTO** e **DIPARTIMENTO** tramite la partecipazione alle rispettive associazioni **F-F**, **F-P** e **F-D**.

In modo meno formale ma più intuitivo possiamo dire che l'entità **FORNITURA** è identificata da $\{\text{PartitaIVA}, \text{CodProdotto}, \text{CodDipartimento}\}$.

RagioneSociale PartitaIVA



L'associazione ternaria **FORNITURA**, prima introdotta, è esprimibile ricorrendo ad associazione binarie, reificando **FORNITURA** (cioè elevandola al rango di entità), **ma in questo caso di assenza di vincoli ulteriori** questa trasformazione è di fatto già un passo di traduzione verso il modello logico relazionale e **pertanto non è opportuna a livello concettuale**.

Esempio di estensioni nei due casi visti

Ipotesi: 6 fornitori, 5 prodotti, 10 dipartimenti

N.B. Per semplicità di disegno si usa un generico CodFornitore in luogo di PartitaIVA

f	p	d	q
F1	P1	D2	10
F1	P2	D2	20
F2	P2	D2	5
F3	P2	D2	5
F4	P3	D2	1
F1	P5	D4	4
F1	P3	D2	10
F3	P5	D1	10

Caso 1: assenza di ulteriori vincoli.

Sono possibili 6x5x10 triple distinte (f,p,d).
In questa estensione sono incluse solo le triple indicate nella relazione di figura.

f	p	d	q
F1	P1	D2	10
F1	P2	D2	20
F4	P3	D2	1
F1	P5	D4	4
F3	P5	D1	10

Caso 2:

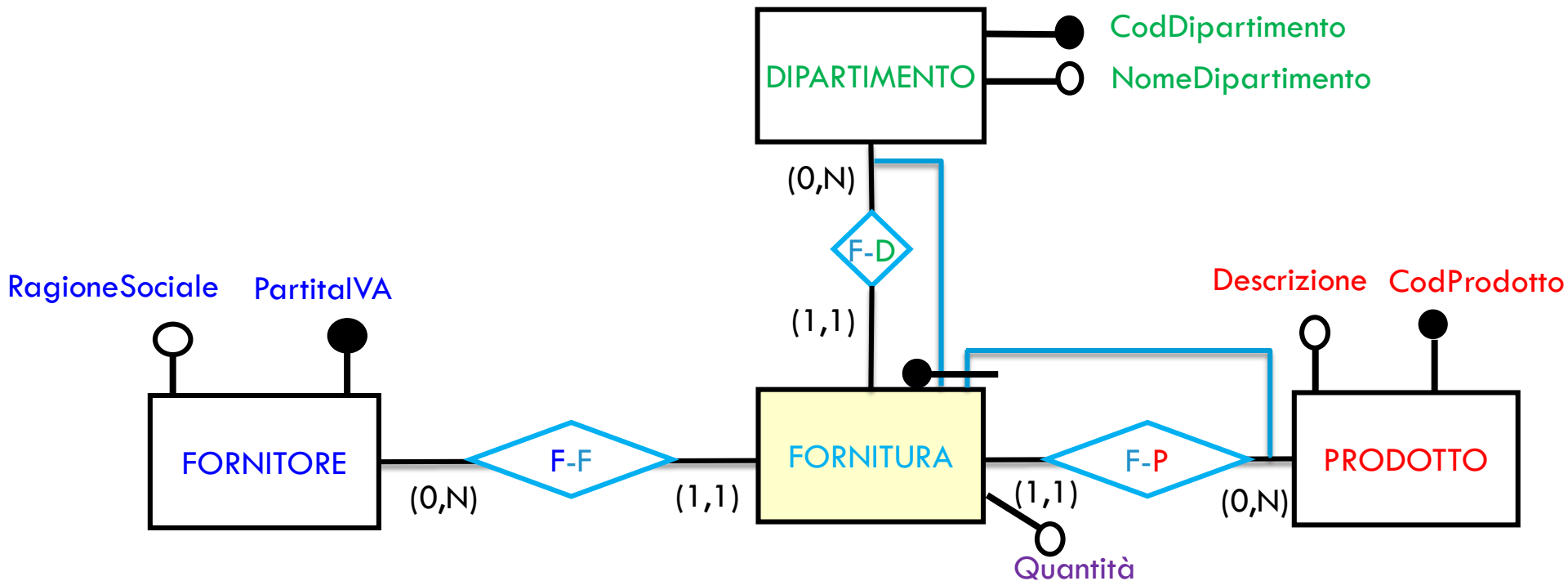
CodProdotto, CodDipartimento → CodFornitore

Sono possibili 5x10 triple distinte (f,p,d).

In questa estensione sono incluse solo le triple indicate nella relazione di figura.

Non sarebbe possibile inserire un'ulteriore riga <F2,P2,D2,5> perché violerebbe il vincolo.

Trasformazione con vincolo

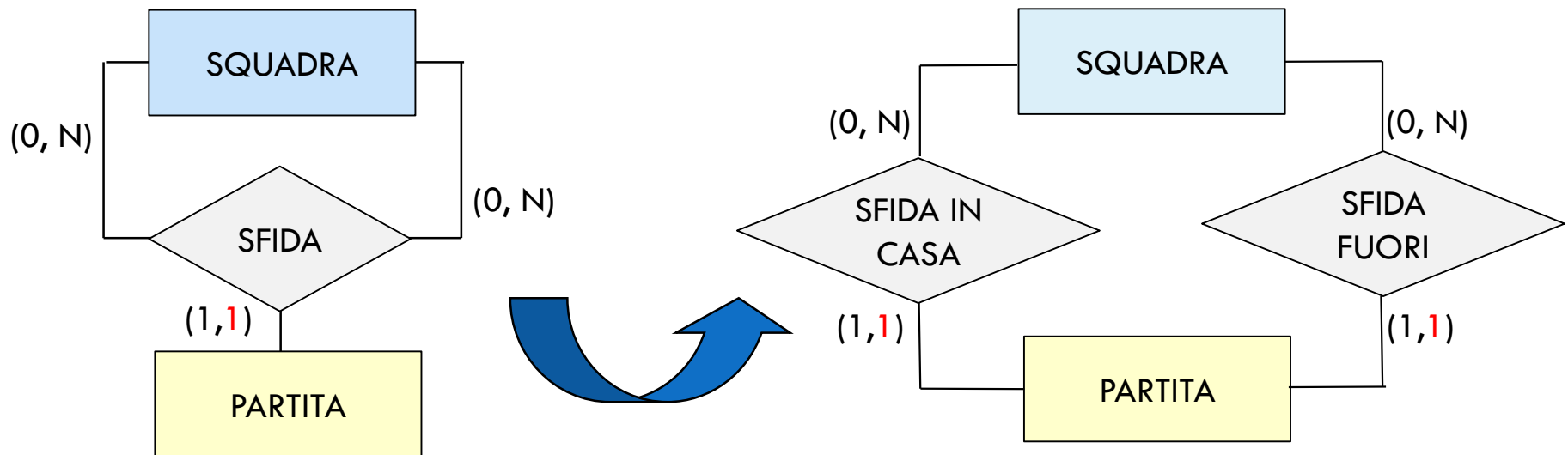


L'entità **FORNITURA** è identificata dalle entità **PRODOTTI** e **DIPARTIMENTO** tramite la partecipazione alle rispettive associazioni **F-P** e **F-D**.

In modo meno formale ma più intuitivo possiamo dire che l'entità **FORNITURA** è identificata da $\{\text{CodProdotto}, \text{CodDipartimento}\}$.

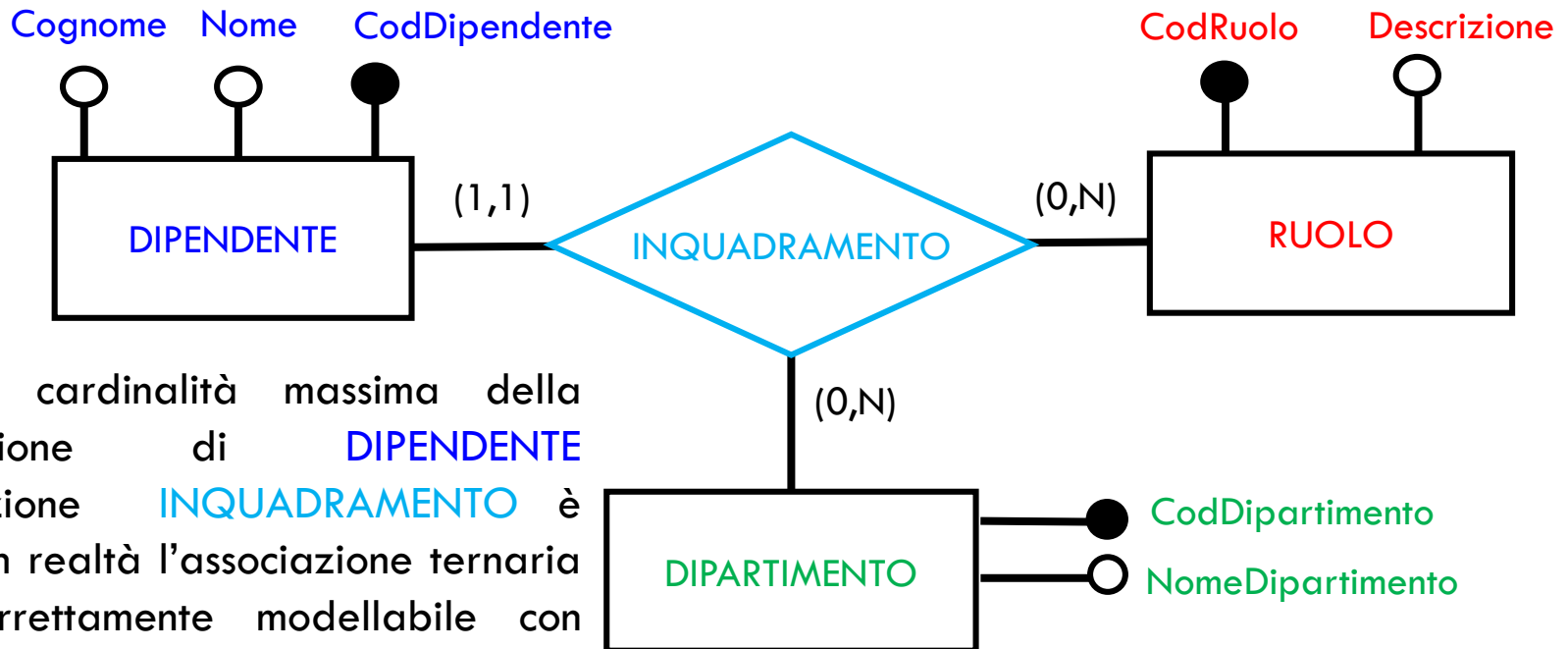
False ternarie

Se una (o più) entità partecipano con cardinalità massima 1 a un'associazione ternaria siamo in presenza di una “falsa ternaria” che può essere sempre modellata, in modo equivalente, attraverso associazioni binarie (ma non sempre solo con due).



N.B. Il vincolo «una squadra non può autosfidarsi» va modellato a parte, così come il fatto che deve esserci una partita di ritorno se si tratta di un campionato nazionale di calcio.

Associazioni ternarie “false”: esempio 1



Poiché la cardinalità massima della partecipazione di **DIPENDENTE** all'associazione **INQUADRAMENTO** è pari a 1, in realtà l'associazione ternaria è più correttamente modellabile con associazioni binarie (“falsa” ternaria).

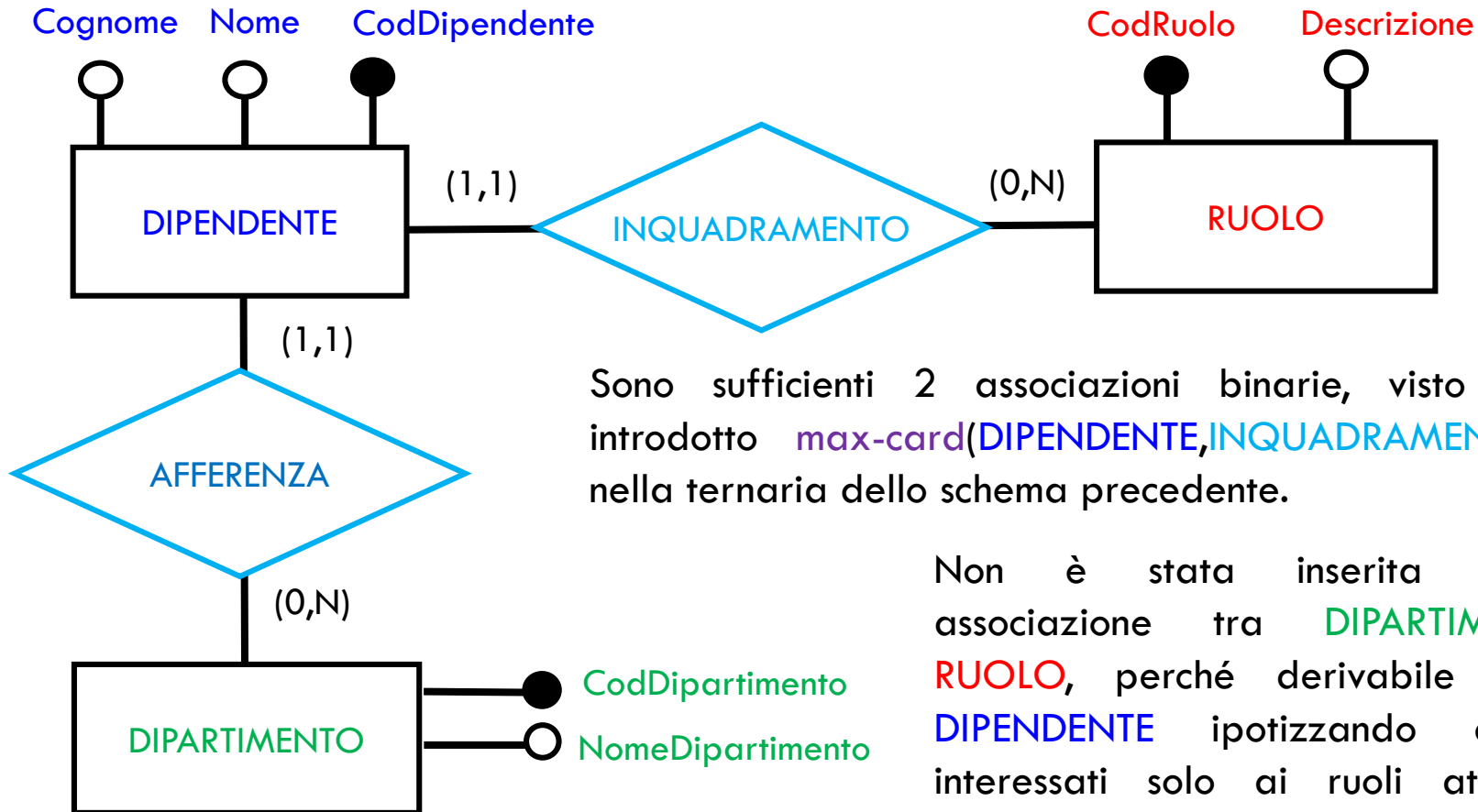
Dato un **dipendente** sono univocamente determinati il suo **ruolo** e il suo **dipartimento** di appartenenza:

CodDipendente → **CodDipartimento, CodRuolo**;

CodDipendente → **CodDipartimento**;

CodDipendente → **CodRuolo**. In sintesi **DIPENDENTE** è la sola entità identificante.

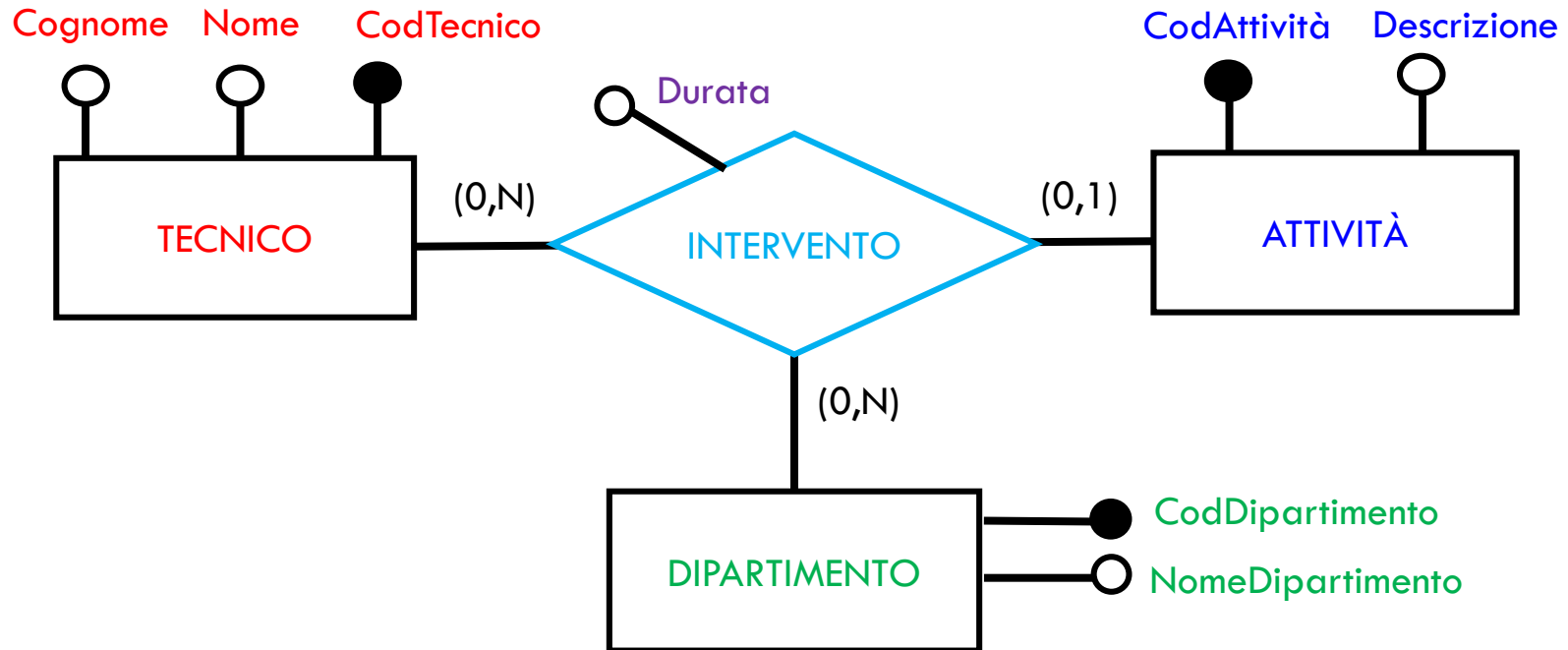
Schema ristrutturato per l'esempio 1



Sono sufficienti 2 associazioni binarie, visto il vincolo introdotto $\text{max-card}(\text{DIPENDENTE}, \text{INQUADRAMENTO}) = 1$ nella ternaria dello schema precedente.

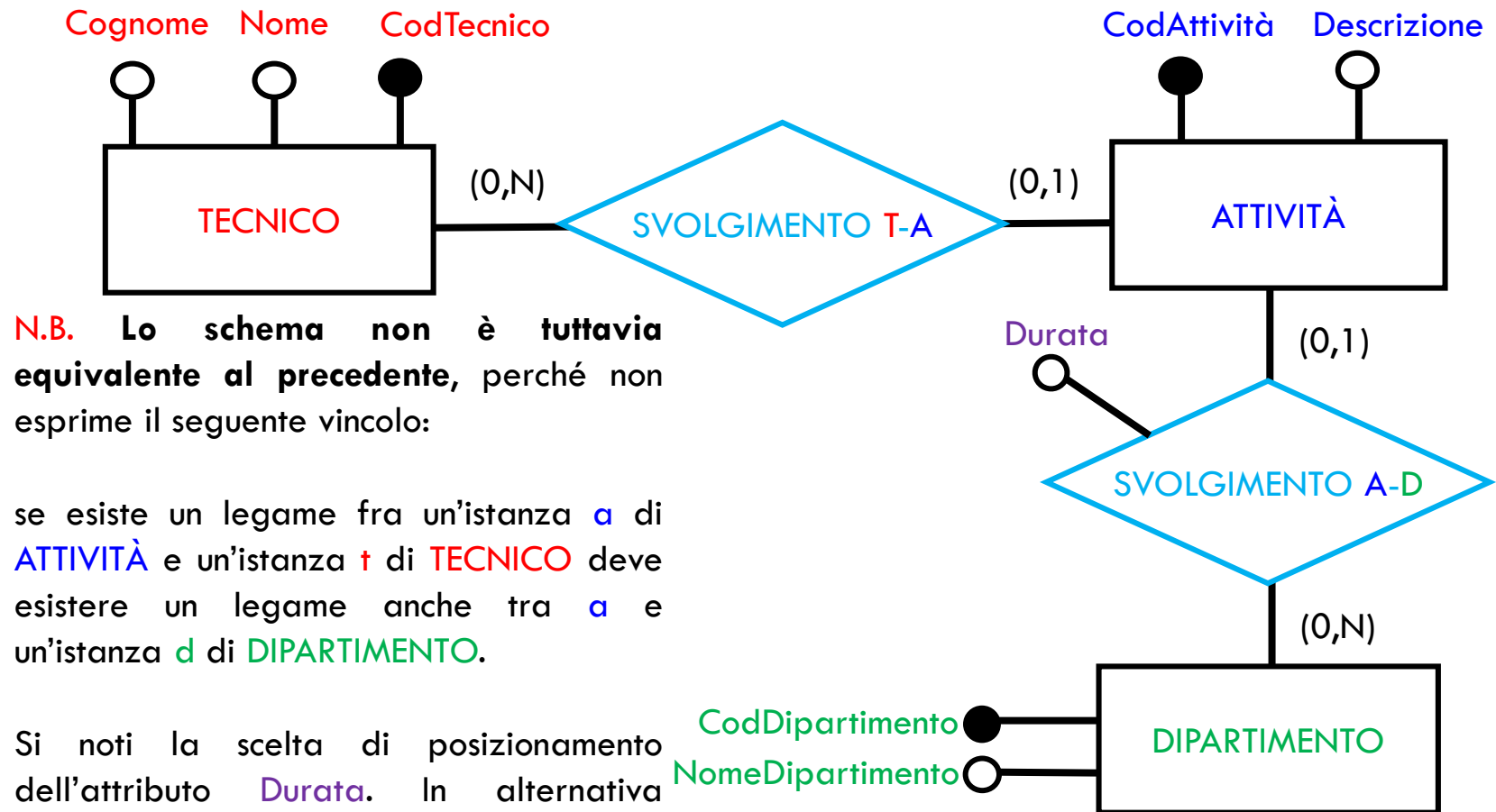
Non è stata inserita un'esplicita associazione tra **DIPARTIMENTO** e **RUOLO**, perché derivabile attraverso **DIPENDENTE** ipotizzando di essere interessati solo ai ruoli attivi in un dipartimento, come d'altra parte modellato nella soluzione vista con la ternaria.

Associazioni ternarie “quasi false”: esempio 2



- Poiché $\text{max-card}(\text{ATTIVITÀ}, \text{INTERVENTO}) = 1$, in realtà l'associazione ternaria è modellabile con associazioni binarie; siamo in presenza di una “quasi falsa” ternaria, si deve infatti considerare anche che $\text{min-card}(\text{ATTIVITÀ}, \text{INTERVENTO}) = 0$.
- È semplice derivare che **ATTIVITÀ** è la sola entità identificante, cioè ogni attività viene svolta in un solo dipartimento ed esclusivamente a cura di un solo tecnico.

Primo schema ristrutturato per l'esempio 2

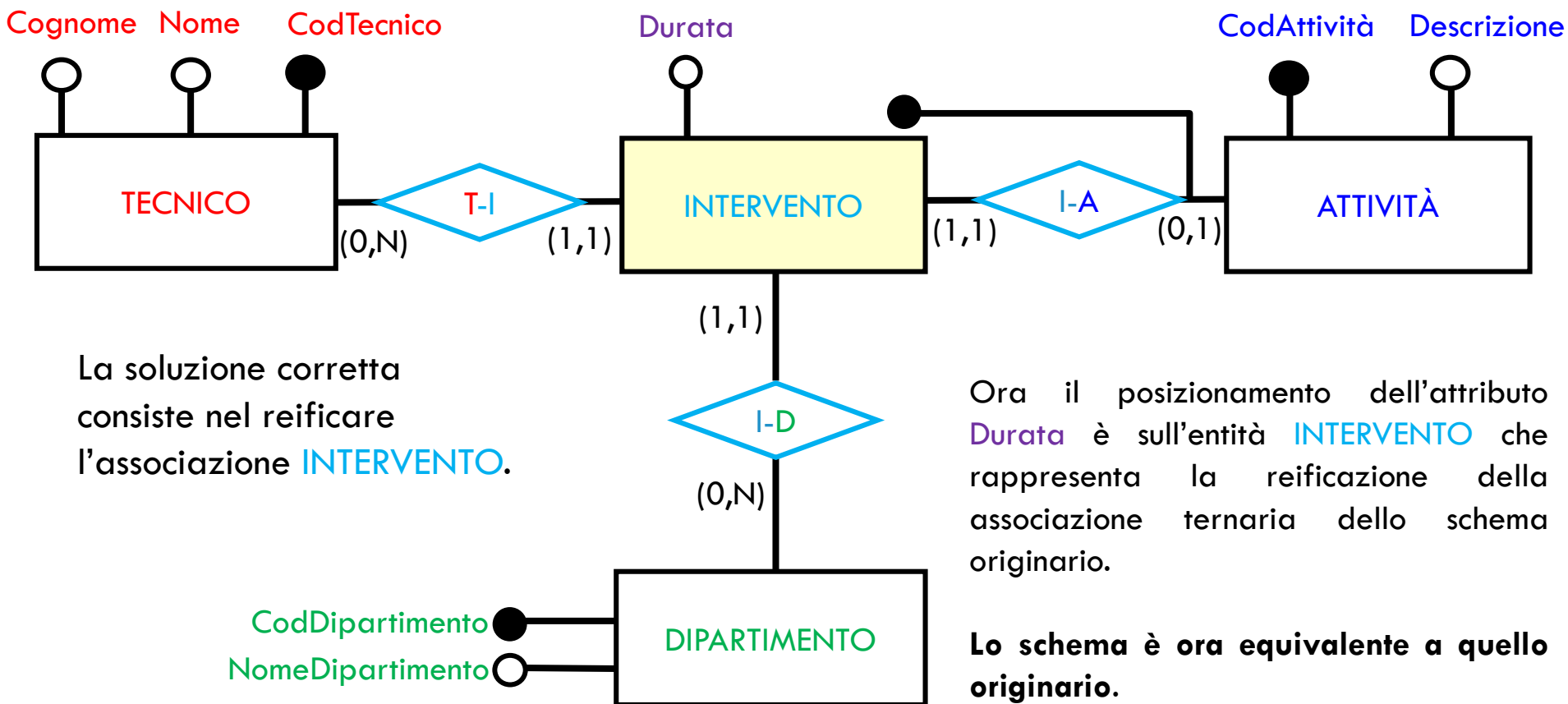


N.B. Lo schema non è tuttavia equivalente al precedente, perché non esprime il seguente vincolo:

se esiste un legame fra un'istanza a di **ATTIVITÀ** e un'istanza t di **TECNICO** deve esistere un legame anche tra a e un'istanza d di **DIPARTIMENTO**.

Si noti la scelta di posizionamento dell'attributo **Durata**. In alternativa poteva essere attribuito all'altra associazione purché comunque sia verificato il vincolo suddetto.

Secondo schema ristrutturato per l'esempio 2



La soluzione corretta consiste nel reificare l'associazione **INTERVENTO**.

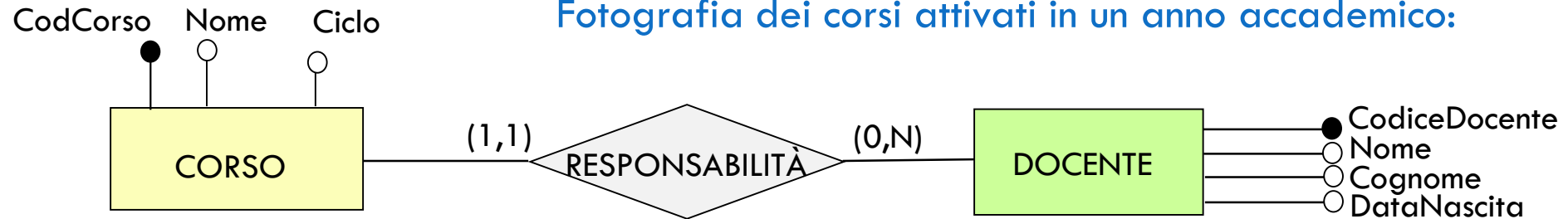
Ora il posizionamento dell'attributo *Durata* è sull'entità **INTERVENTO** che rappresenta la reificazione della associazione ternaria dello schema originario.

Lo schema è ora equivalente a quello originario.

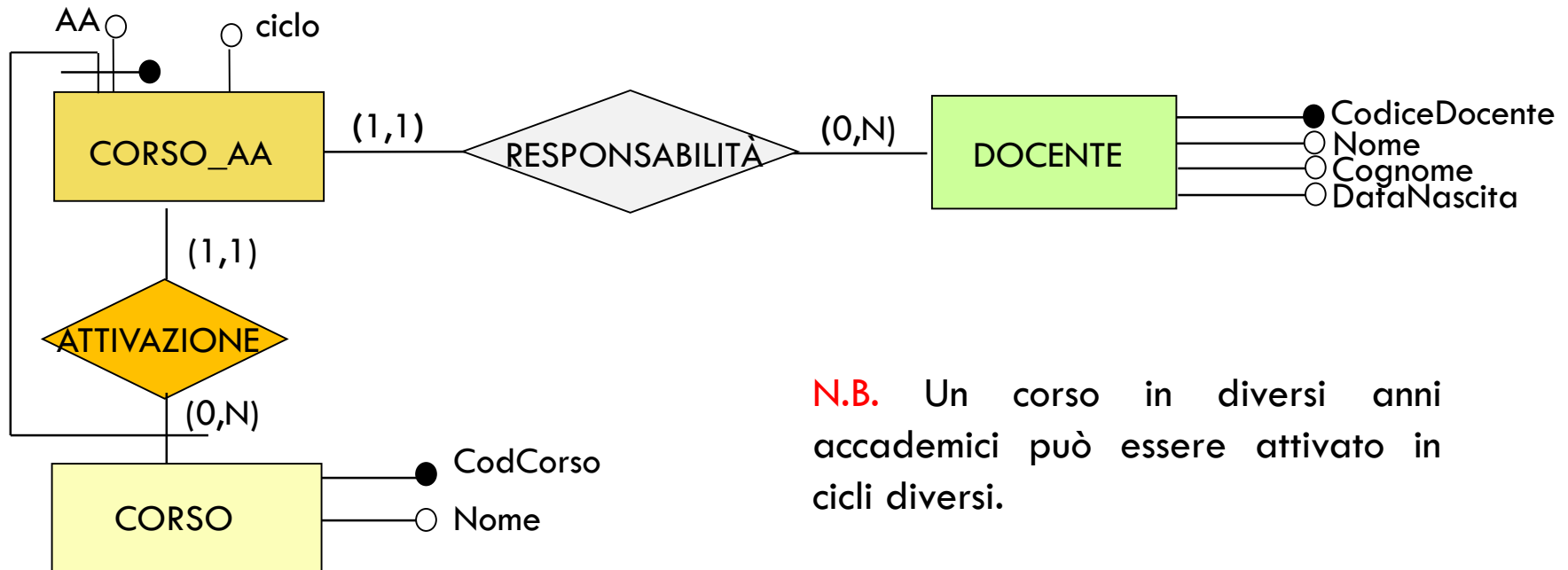
L'entità **INTERVENTO** è identificata esternamente dall'entità **ATTIVITÀ** tramite la partecipazione all'associazione **I-A**.

Note sull'effetto del tempo

Fotografia dei corsi attivati in un anno accademico:



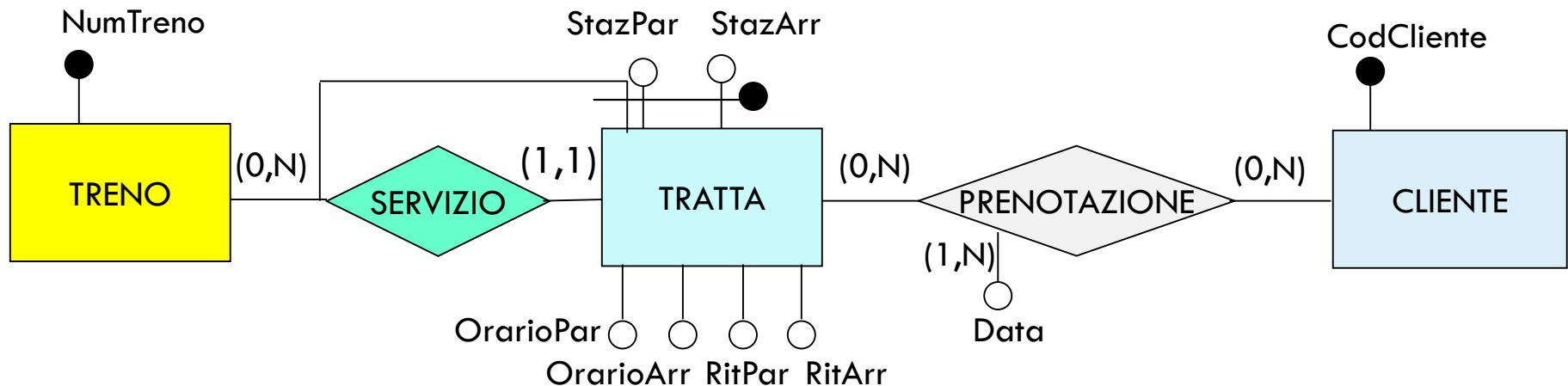
La storia considerando più anni accademici:



N.B. Un corso in diversi anni accademici può essere attivato in cicli diversi.

L'orario dei treni, i ritardi e le prenotazioni

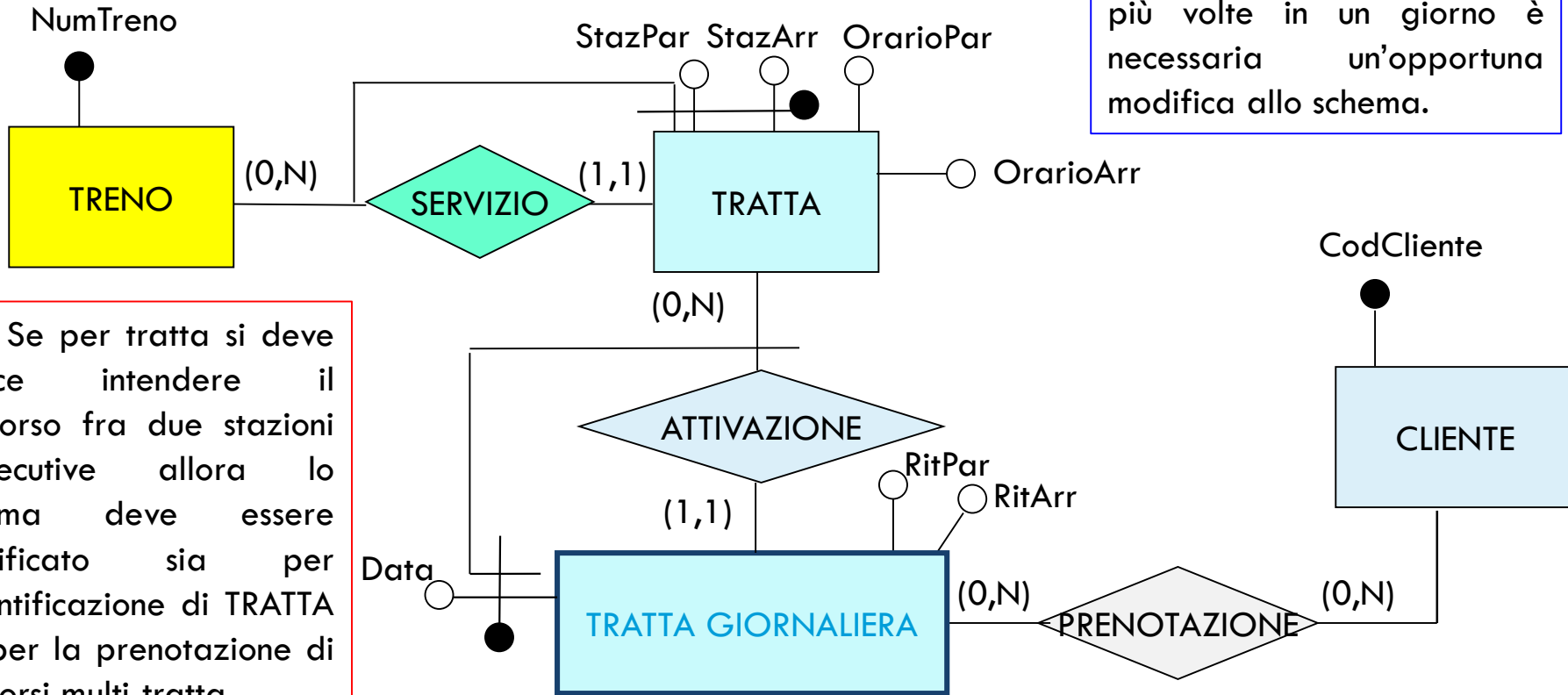
- Si vuole memorizzare l'orario dei treni, e i ritardi che essi hanno. Inoltre si vogliono gestire le prenotazioni dei clienti... nell'ipotesi che:
 - ▣ l'orario sia sempre lo stesso indipendentemente dai giorni;
 - ▣ un treno non percorra la stessa tratta più di una volta al giorno.
- N.B. Al fine di consentire prenotazioni da parte di un cliente, una tratta è intesa in questo contesto come un viaggio che può comprendere fermate intermedie, es. **BO-AN**, **BO-RN** e **FC-AN** sono tre tratte distinte ai fini della prenotazione anche se una parte del percorso è lo stesso. Ciò comporta tuttavia ridondanza di dati.
- **Il seguente schema (semplificato) non è corretto**



Ritardi e prenotazioni variano nel tempo!

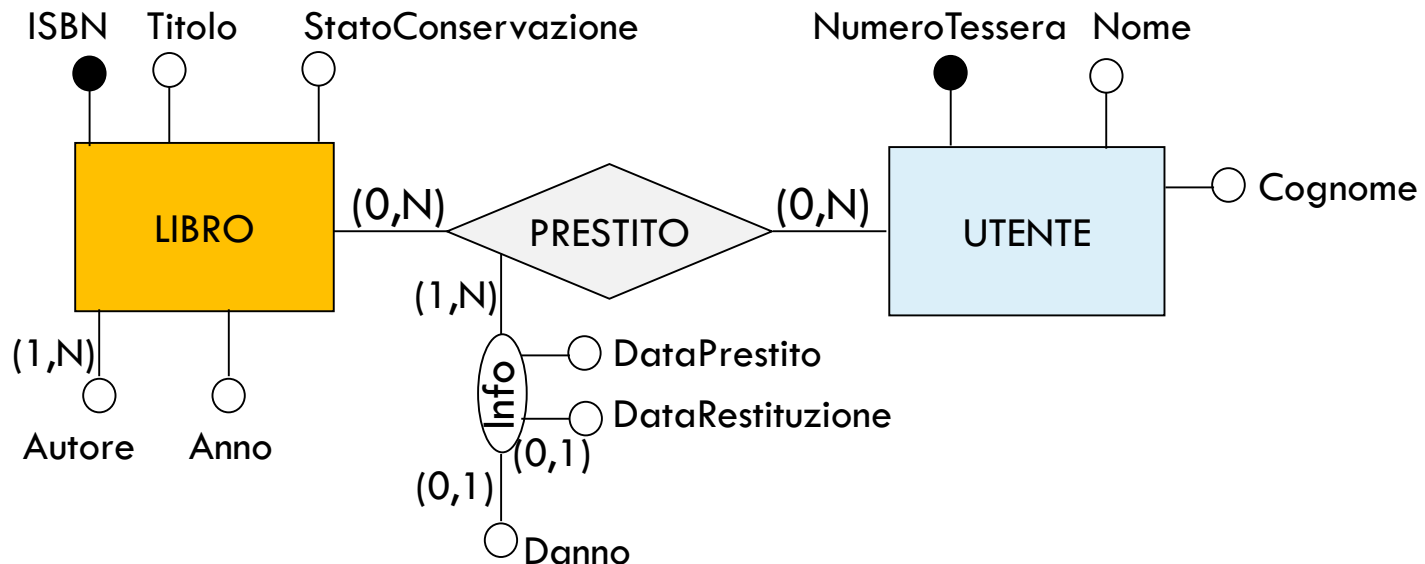
- L'errore consiste nel mischiare specifiche che riguardano aspetti “statici” (l'orario) con specifiche “dinamiche” (ritardi e prenotazioni).
- La soluzione consiste nell'introdurre una nuova entità:

N.B. Se uno stesso treno può percorrere la stessa tratta più volte in un giorno è necessaria un'opportuna modifica allo schema.



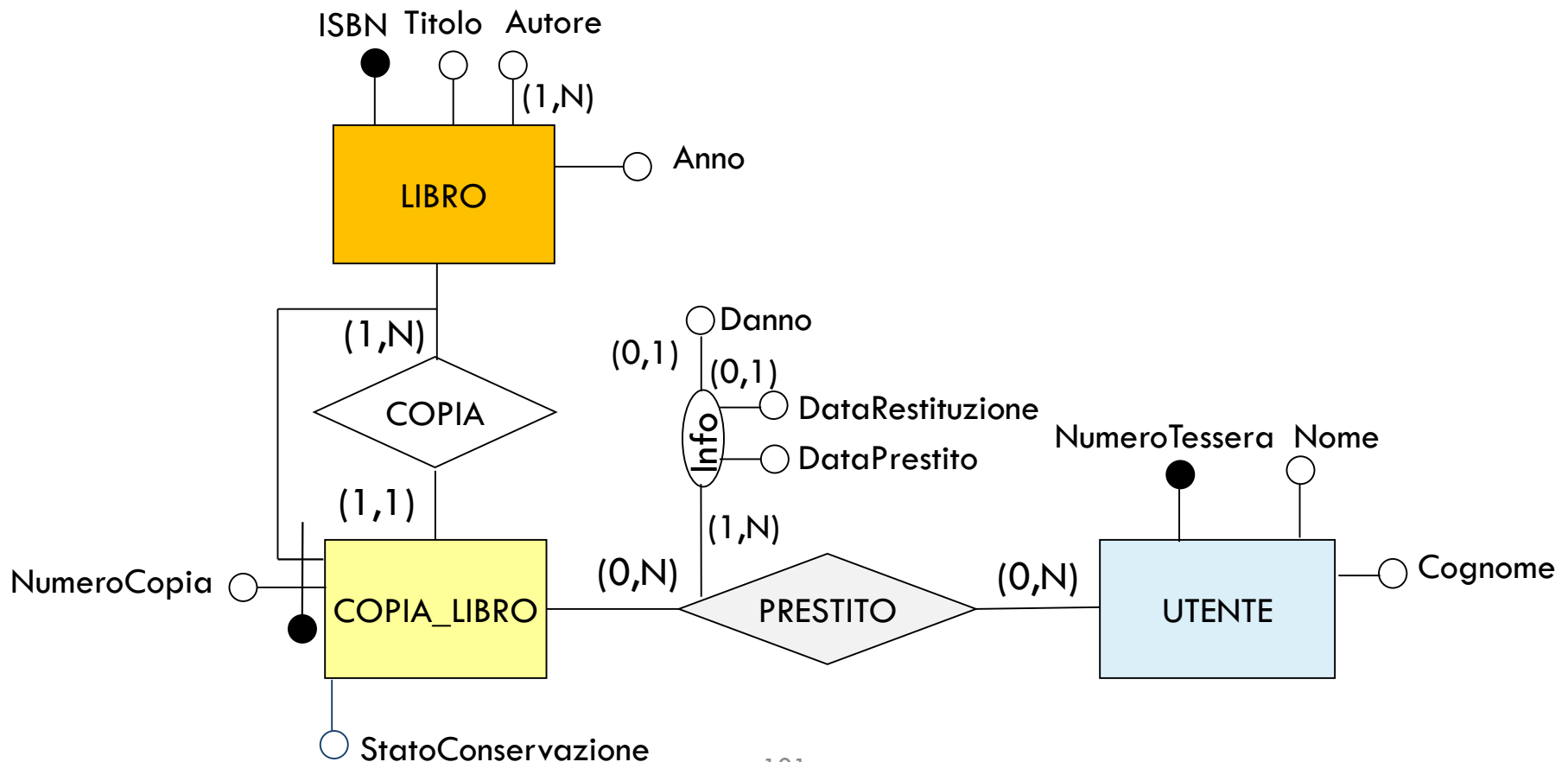
Un altro caso ricorrente

- In una biblioteca si vogliono mantenere informazioni sui libri (titolo, autore, anno, codice ISBN, stato conservazione) e sui prestiti relativi (data prestito, eventuale data restituzione, utente), segnalando eventuali danni apportati al volume ...
- Il seguente schema (semplificato) non è corretto:

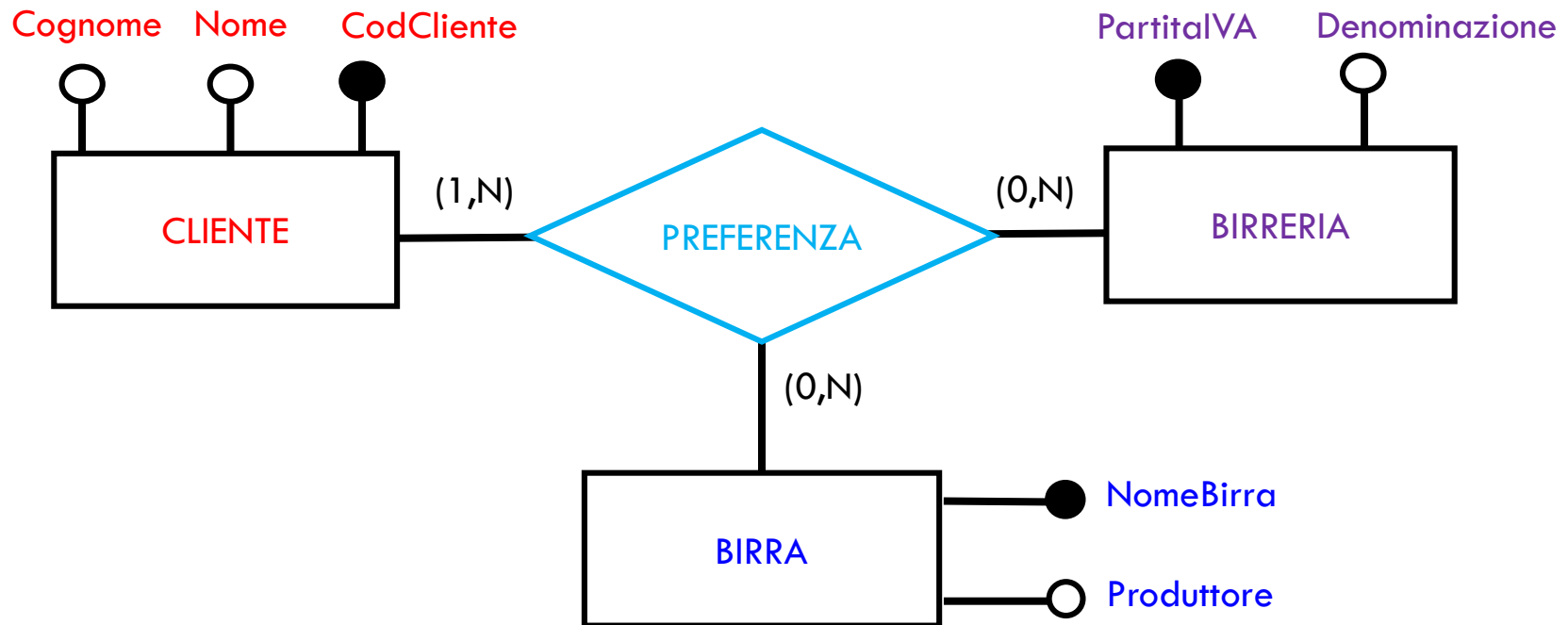


Libro \neq copia di libro!

- Anche in questo caso si stanno mischiando insieme aspetti che si riferiscono a concetti diversi, ovvero “**un libro**” e le sue “**copie**”.
- La soluzione consiste ancora nel separare i due concetti:

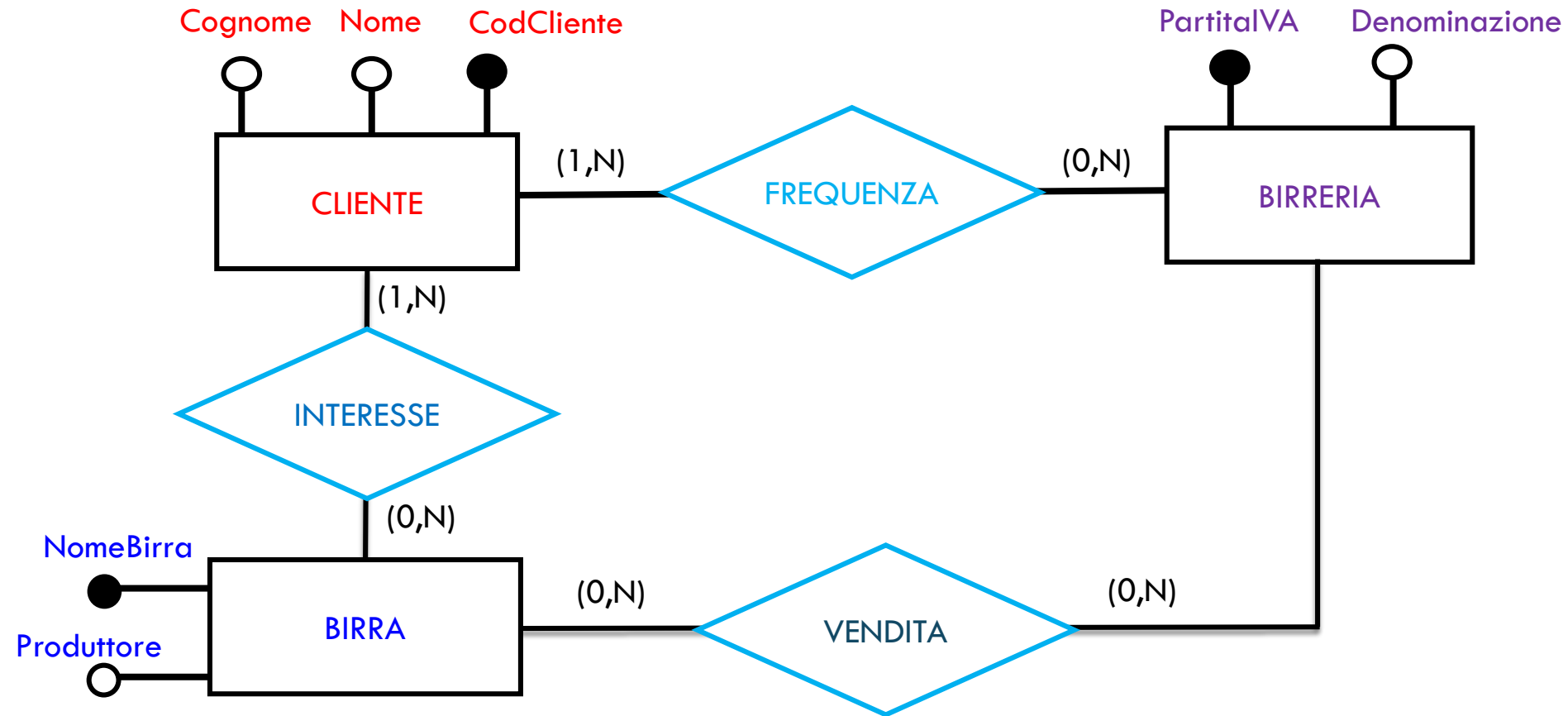


Equivalenza di schemi? (1)



- Se si considera la generica istanza dell'associazione (x,y,z) ove x è un'istanza di **CLIENTE**, y un'istanza di **BIRRA** e z un'istanza di **BIRRERIA** si vuole esprimere quanto segue:
 - x ha avuto una preferenza per la birra y nella birreria z .
- Sono ammesse tutte le possibili triple (x,y,z) non essendo stati specificati vincoli ulteriori.

Equivalenza di schemi? (2)



Questo schema non è equivalente al precedente: **le associazioni qui espresse sono infatti indipendenti l'una dall'altra.**

Ad esempio il fatto che il cliente **x** abbia interesse per la birra **y** e frequenti la birreria **z**, non implica che l'abbia consumata presso quella birreria **z**, né che la birreria **z** venda quella birra **y**.

Soluzioni a problemi comuni

- In molti schemi E/R si ritrovano dei “pattern” comuni, ovvero soluzioni a problemi che si presentano di frequente.
- Non esiste una “codifica” standard di questi pattern; rivisitiamo solo alcuni esempi particolarmente significativi già introdotti in precedenza:
 - ▣ “le aree del campeggio”;
 - ▣ “farsi visitare più volte dallo stesso medico, ma non nello stesso giorno”;
 - ▣ “mi spiace, non può ripetere l’esame tra un’ora”;
 - ▣ “un docente non svolge mai più di una lezione al giorno per uno stesso corso”;
 - ▣ “chissà se l’anno prossimo terrò ancora il corso di Basi di dati e a quale ciclo”
 - ▣ “l’orario dei treni, i ritardi e le prenotazioni”.

Osservazioni sugli errori negli schemi E/R

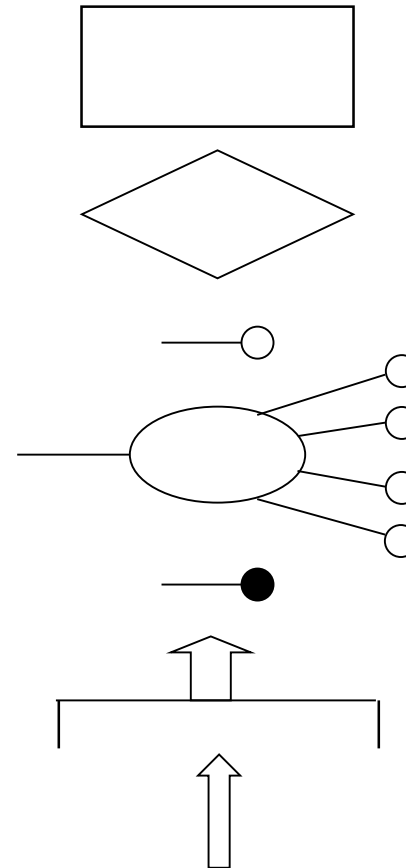
- In tutti i casi visti, con schemi errati, si può affermare che il problema è originato da un'analisi dei requisiti poco accurata, che porta a soluzioni intuitive ma non adeguate.
- I nomi di entità e associazioni alle volte traggono in inganno: è bene quindi, nel caso si presentino situazioni poco chiare, provare a ragionare anche a livello estensionale in termini di istanze e domandarsi che cosa “contiene” effettivamente un'entità o un'associazione.
- Si deve porre molta attenzione ai vincoli d'integrità e, in particolare, alle dipendenze funzionali.
- Quando, come accade quasi sempre nella pratica, interviene la variabile “tempo” è bene chiedersi quali siano gli aspetti che si devono modellare che sono indipendenti dal tempo e quali, viceversa, variano dinamicamente.
- Problemi simili a quelli visti nell'ultimo pattern “l'orario dei treni, i ritardi e le prenotazioni” si presentano anche in assenza di aspetti temporali (ad esempio: libri e copie di libri).

Riepilogo: le astrazioni nel modello E/R

- Riassumendo quanto visto, nel modello E/R i meccanismi d'astrazione sono usati come segue.
- **classificazione:**
 - ▣ 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.

Notazione grafica adottata

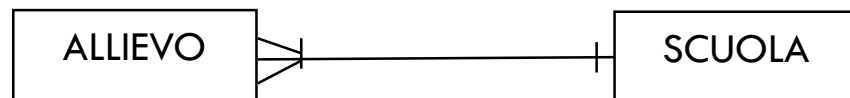
- Entità
- Associazione
- Attributo
- Attributo composto
- Identificatore
- Gerarchia di generalizzazione
- Subset
- Vincoli di cardinalità



(min-card, max-card)

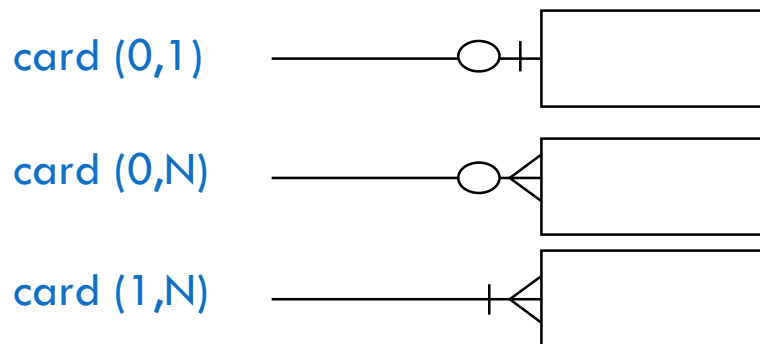
E/R: varianti ed estensioni (1)

Tra le notazioni “equivalenti” più note:



Le **associazioni** sono denotate da segmenti **privi di rombo**.

A una scuola sono iscritti uno o più allievi: **card(1,N)** *Un allievo è iscritto a una e una sola scuola:* **card(1,1)**

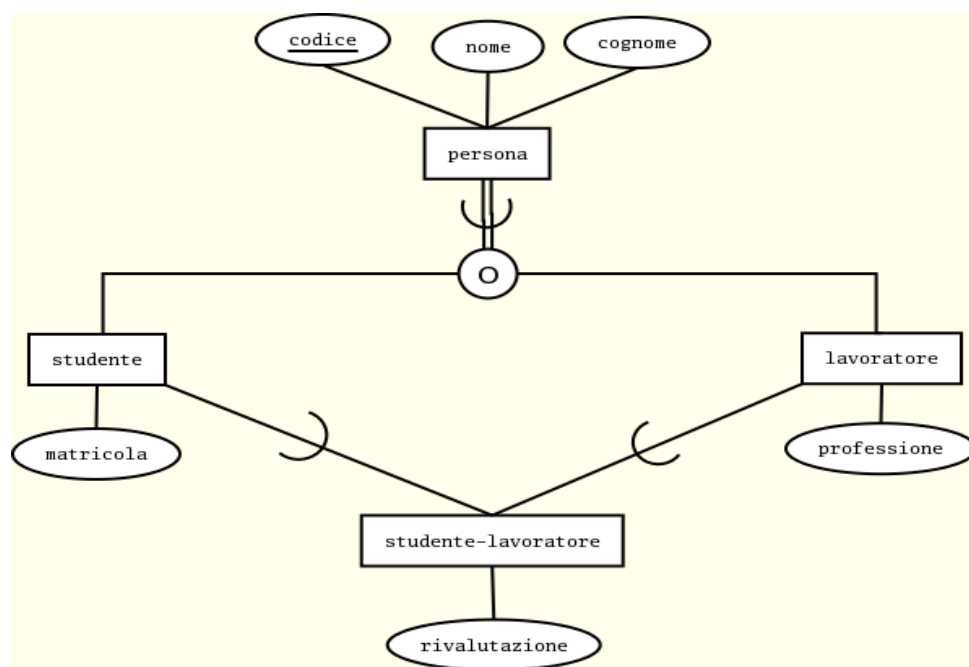


Le **cardinalità** sono espresse graficamente **dalla parte dell'entità di destinazione**.

- Talvolta si introduce il concetto di **entità associativa** per la modellazione di associazioni con attributi.
- Alcune versioni E/R prevedono meccanismi per semplificare la modellazione concettuale in presenza di esigenze di storicizzazione dei dati (E/R temporali).

E/R: varianti ed estensioni (2)

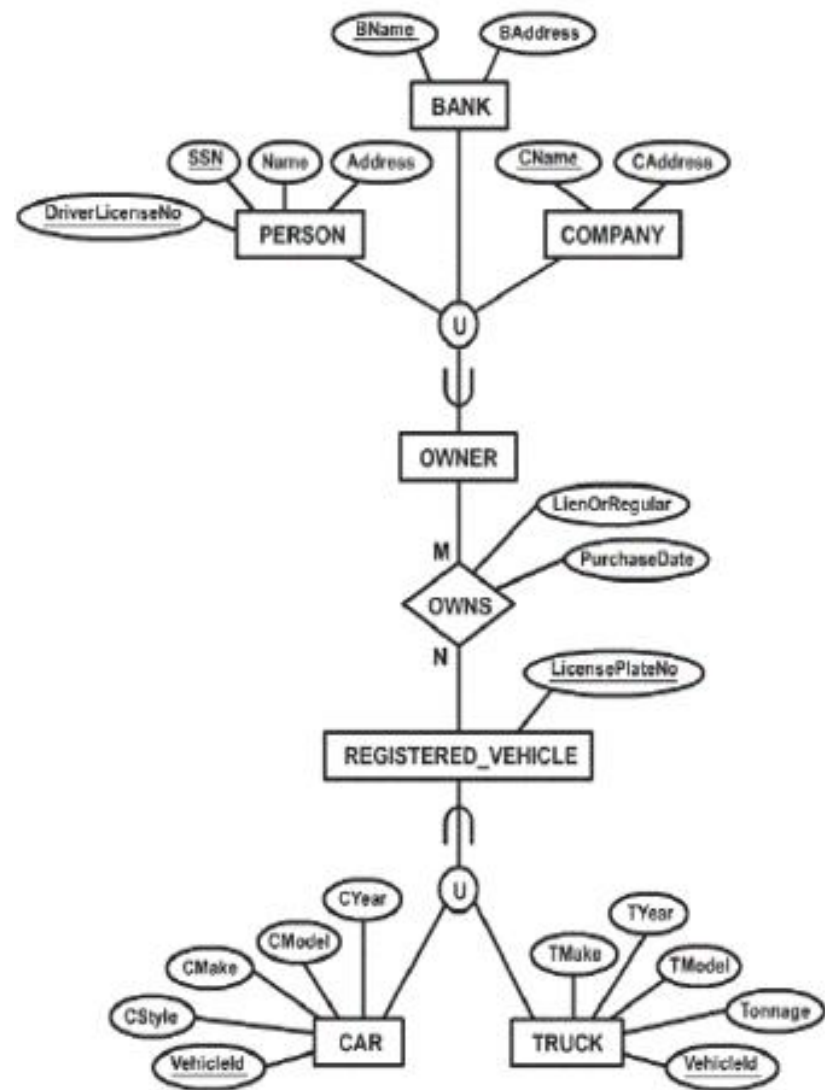
- In alcuni formalismi è possibile modellare anche **ereditarietà multipla**.
- In una **gerarchia** ciascuna sottoclasse è figlia di una sola superclasse (**ereditarietà singola**). In un **reticolo**, invece, una sottoclasse può essere sottoclasse di più di una superclasse (**ereditarietà multipla**). Una sottoclasse con più di una superclasse (possibile solo in un reticolo) è chiamata **sottoclasse condivisa**.



- Una sottoclasse condivisa contiene tutte le istanze provenienti dall'intersezione delle sue superclassi.
- Un membro della sottoclasse condivisa deve esistere in tutte le sue superclassi.

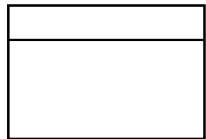
E/R: varianti ed estensioni (3)

- A volte è necessario far ricorso al concetto di sottoclasse “**categoria**” o “**tipo Unione**”.
- Esempio: in un database per il PRA, un proprietario di un veicolo può essere una persona, una banca (con un leasing) o un'azienda.
- La categoria (sottoclasse) PROPRIETARIO (OWNER) contiene un **sottoinsieme delle istanze provenienti dall'unione** delle istanze delle entità DITTA, BANCA, PERSONA (superclassi).
- Un membro della categoria deve esistere in almeno una delle sue superclassi.

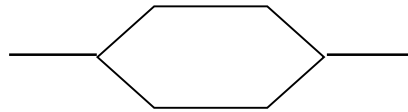


Notazione DB-Main

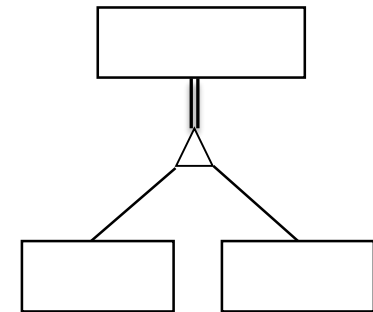
- Diverse notazioni grafiche sono utilizzate dai tool commerciali; di seguito una sintesi della notazione adottata da DB-Main:



Entity type



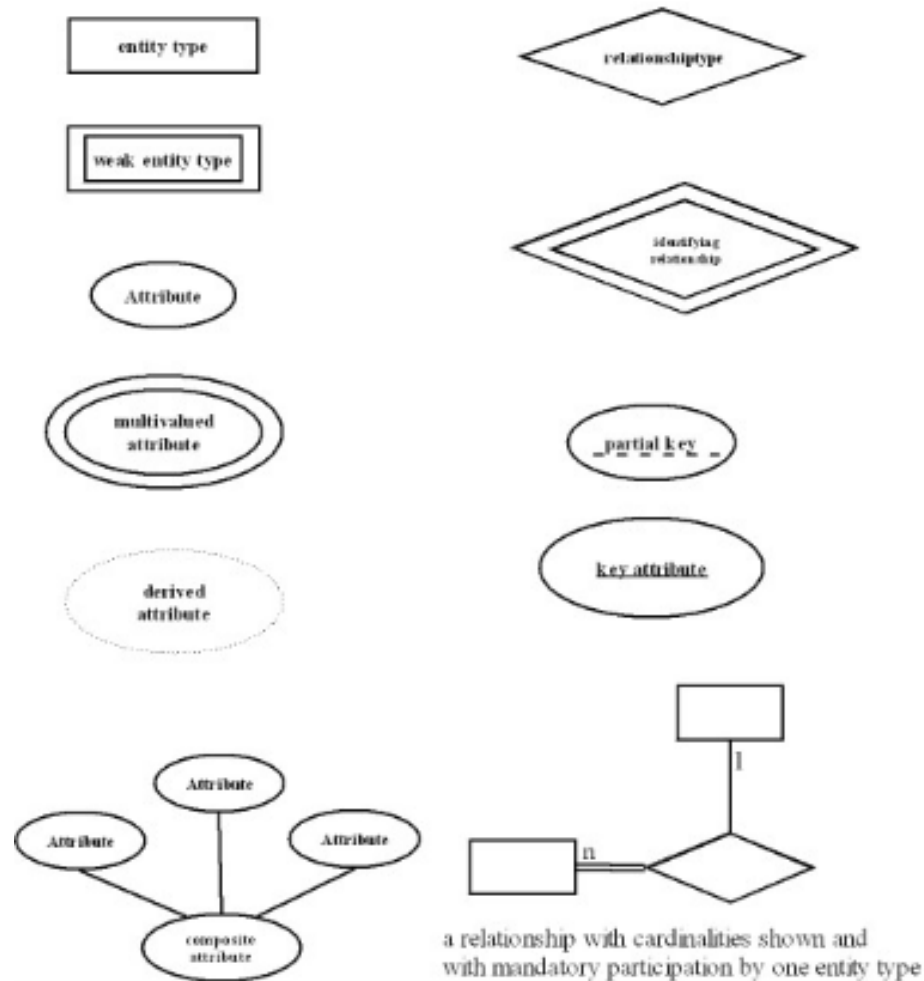
Relationship type



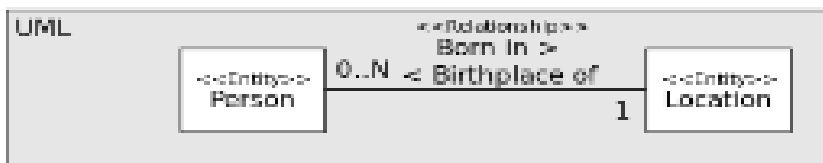
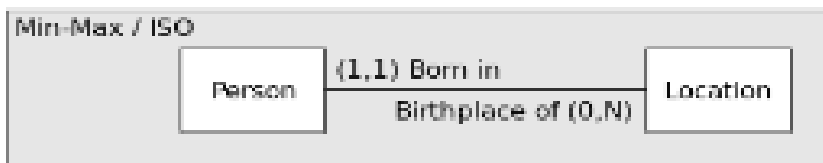
Gerarchie (ISA hierarchy)

- **Attributi:** sono elencati all'interno del simbolo grafico di entità o associazione.
- **Identificatori:** gli attributi facenti parte dell'identificatore sono sottolineati.
- **Vincoli di cardinalità:** si indicano separati da un trattino, es. 0-N:

Notazione E/R di Peter Chen



Dialecti E/R: notazioni grafiche



Notazione usata nelle slide



Notazione del tool DB-Main



Fonte: Wikipedia

Utilità del modello E/R

Uno schema E/R è più espressivo di uno schema logico (relazionale), inoltre può essere impiegato con successo per altre attività, 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, in carenza di documentazione a livello concettuale, si può derivare una descrizione in termini E/R allo scopo di migliorare l'analisi del contesto applicativo ed eventualmente procedere a un'operazione di riprogettazione;

- **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 costruire un DB integrato.

Limiti del modello E/R

- Per quanto più espressivo di uno schema relazionale, uno schema E/R non è sufficiente a rappresentare tutti gli aspetti di interesse.
- I limiti principali:
 - 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 anni.
- In fase di progettazione bisogna quindi fornire un'ulteriore documentazione appropriata a corredo degli schemi per consentire di affrontare correttamente le fasi successive di sviluppo.

Domande?

