CAP4

PROGETTAZIONE CONCETTUALE

IL MODELLO E/R

(ENTITY/RELATIONSHIP)

Ing. Daniele Corti

© copyright
all rights reserved

Copyright © Ing. Daniele Corti 2013

www.ingdanielecorti.it

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali.

Ver.1.1 – 06/12/2019

PREREQUISITI

- ✓ Fasi di sviluppo di una base di dati.
- ✓ Concetto di archivio analogico, digitale e database.

OBIETTIVI

- ✓ Realizzare lo schema ER di una base di dati a partire da una traccia (problema da risolvere).

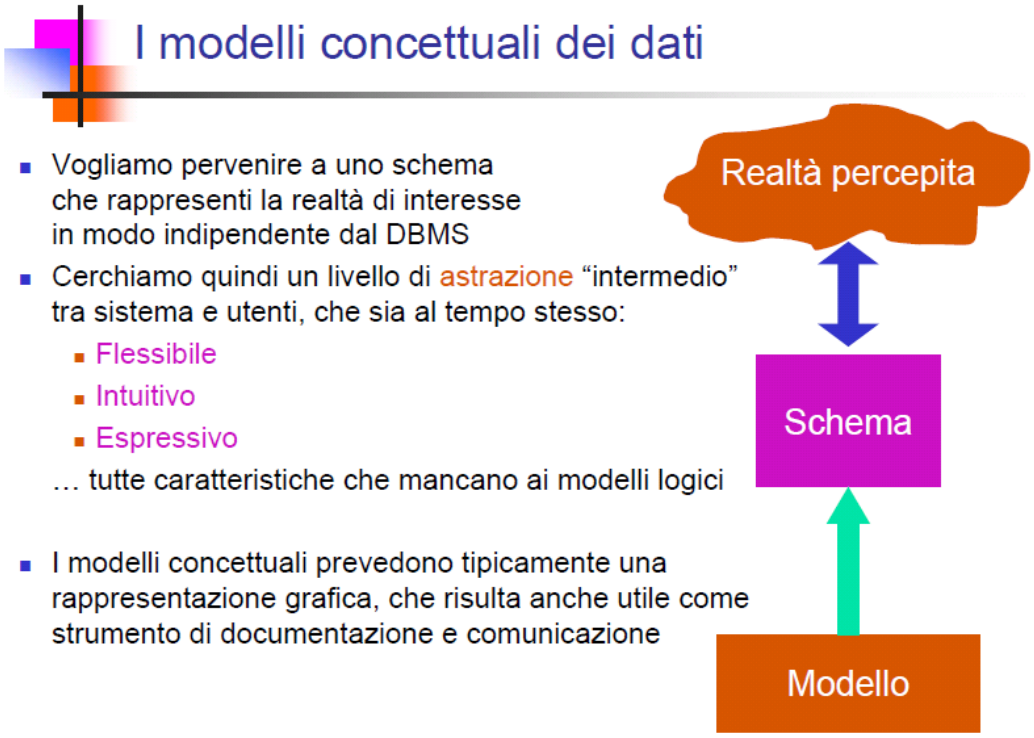
ARGOMENTI

- ✓ Il modello E/R
- ✓ Concetti fondamentali: meccanismi di astrazione
- ✓ Rappresentazioni grafiche
- ✓ Entità (Entity)
- ✓ Associazioni (RelationShip)
- ✓ Attributi di entità e associazioni
- ✓ Vincoli di cardinalità
- ✓ Identificatori
- ✓ Entità deboli e forti
- ✓ Associazioni unarie o ricorsive
- ✓ Associazioni N-arie
- ✓ Specializzazioni/generalizzazioni
- ✓ Documentazione e regole aziendali

CAP8 - PROGETTAZIONE CONCETTUALE

IL MODELLO E/R (ENTITY/RELATIONSHIP)

IL MODELLO E/R



Il modello E/R (dove E/R è l'abbreviazione di Entity-Relationship, cioè Entità-Associazione), è uno "standard de facto" (non sono leggi ma norme) per la progettazione concettuale basato su una rappresentazione grafica.

Nel modello E/R viene riassunto tutto il lavoro fatto nella fase di progettazione a livello concettuale: le entità sono rappresentate come rettangoli, gli attributi come cerchi, le associazioni come rombi.

Il modello ER è stato concepito per essere più vicino ai concetti "umani", e quindi facilmente comprensibile anche ad utenti non tecnici ed ha avuto una grandissima diffusione principalmente per i formalismi grafici semplici e chiari che incorpora.

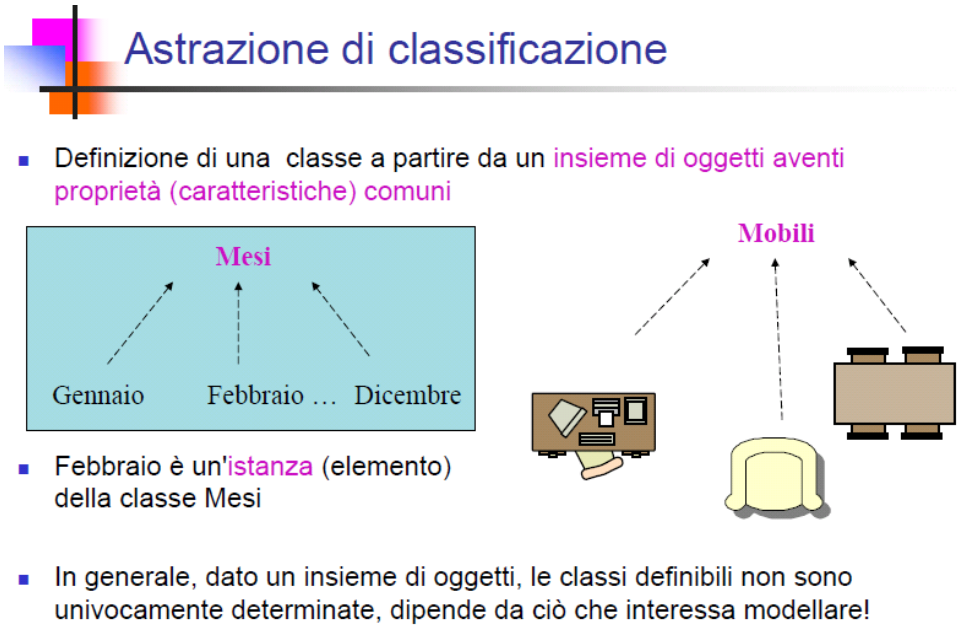
CONCETTI FONDAMENTALI: MECCANISMI DI ASTRAZIONE

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

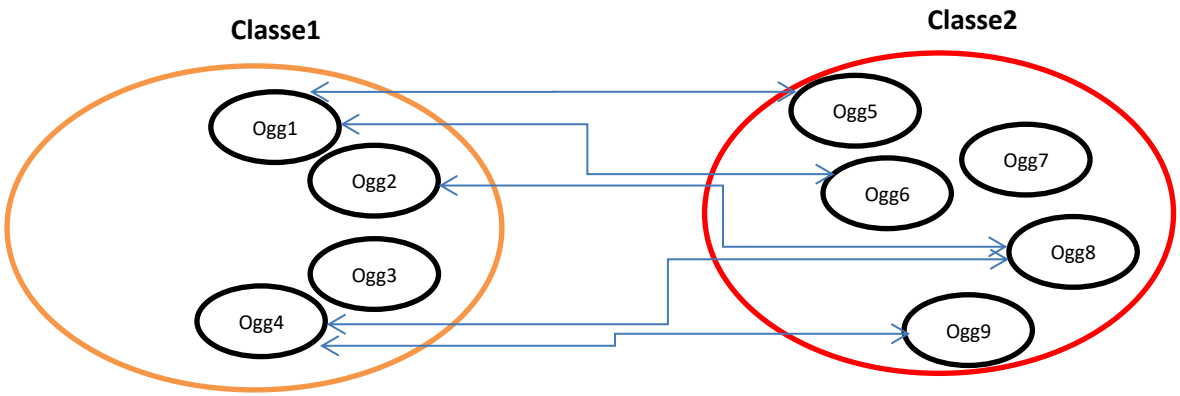
Astrazione: **procedimento mentale che si adotta quando si concentra l'attenzione su alcune caratteristiche trascurando le altre giudicate non rilevanti**.

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.



Mondo Reale	Modello (semplifica la realtà)
Oggetto	**Istanza** Occorrenza di una Entità
Classe (categoria) Insieme di oggetti omogenee	**Entità** Rappresentazione semplificata di una classe
Correlazione Legame fra oggetti di classi diverse	**Associazione** Legame fra istanze appartenenti a entità diverse



Oggetto (entità reale)

- Ha una propria **identità**: è **distinguibile** dagli altri oggetti indipendentemente dai valori dei propri attributi
- Ha una **esistenza fisica**, es: PERSONA, AULA
- Oppure, ha una **esistenza concettuale**, es: ESAME, CORSO

Elementi costitutivi

- **Entità**: è la classe, modellizzata, di oggetti del mondo reale che hanno proprietà omogenee, comuni ed esistenza autonoma. Un'entità può essere un oggetto fisico (casa, impiegato, ecc.) o un oggetto astratto (un lavoro, una società, ecc.).
- **Associazioni**: sono i legami che stabiliscono un'interazione tra le entità.
- **Attributi**: sono le proprietà dell'entità o delle associazioni.

Esempio 1: gli alunni di una scuola sono classificabili nell'entità **Alunno**, e ogni alunno rappresenta un'**istanza** dell'entità **Alunno**.
Esempio 2: uno o più oggetti Impiegato della classe **Impiegato** si associano a un solo oggetto Reparto della classe **Reparto**.

NB. Entità, associazioni e attributi non sono fatti assoluti → dipendono dal contesto applicativo. Nella pratica si fa spesso uso di una strategia nella quale:

- Si individuano i **concetti principali** della realtà da studiare: rappresentazione semplificata degli oggetti del mondo reale.
- Si realizza uno schema scheletro, che contiene solamente i concetti più importanti.
- Si raffina, per passi successivi (se necessario).

Attributi semplici: sono attributi atomici non scomponibili in sotto attributi; esempio **Nome**.
Ogni attributo è specificato da:

- un nome;
- un formato: che indica il tipo di valori che può assumere (Stringa, Reale, Intero, Booleano, Data);
- una dimensione (non vale per i tipi data e Booleano), che indica la quantità massima di caratteri o cifre inseribili;
- un valore: i diversi valori assunti dagli attributi determinano le diverse istanze dell'entità o dell'associazione. L'insieme dei possibili valori assunti da un attributo si chiama **dominio** dell'attributo. Es: il dominio dell'attributo Sesso è (uomo, donna).

Attributo

Proprietà elementare di una entità o di una associazione fra entità. Es: Nome, Età, Indirizzo di uno studente.

Dominio di un attributo

Il dominio di un attributo è l'insieme dei valori che può assumere l'attributo stesso. Es: il dominio dell'attributo **giorno** è costituito dall'insieme {lunedì, martedì, …, domenica} oppure dall'insieme {1, 2, …, 7}.

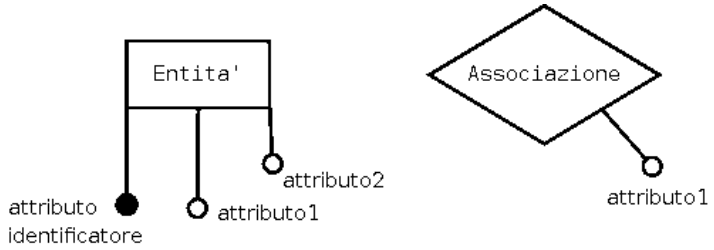
Identificatore di una classe

L'identificatore di una classe è un vincolo che identifica univocamente ciascuna (istanza di) entità.
L'identificatore è costituito da uno o più attributi.

Es: l'attributo **matricola** è identificatore della classe **STUDENTI**.

NB Una classe di entità senza identificatore è un tipo di **entità debole**.

RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE



ENTITA'

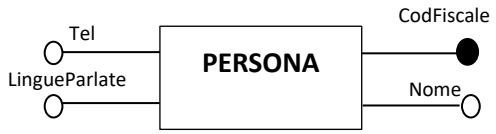
L'entità è un insieme (classe) di oggetti della realtà di interesse che possiedono caratteristiche comuni (es: Persone, Automobili) e che hanno esistenza "autonoma".

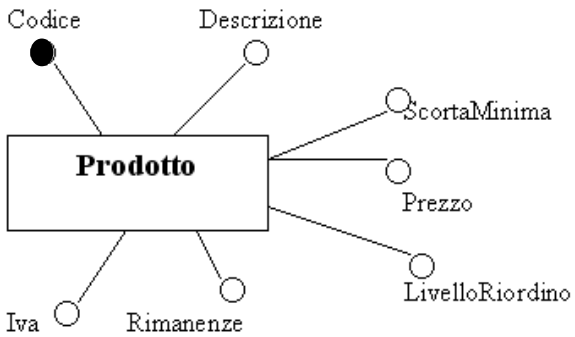
L'istanza (elemento) di un'entità è uno specifico oggetto appartenente a quella entità (es. io, la mia auto, etc.).

L'entità (in inglese Entity) rappresenta una categoria di elementi; per esempio, gli elementi che appartengono ad una entità Alunno, sono tutti gli Alunni, ma in questo livello di studio non ci interessa individuare i singoli elementi, ma solo la loro categoria. Nel database tutti gli elementi appartenenti a quell'entità hanno delle caratteristiche in comune. Le caratteristiche in comune vengono chiamate attributi.

Rappresentazione grafica di un'entità

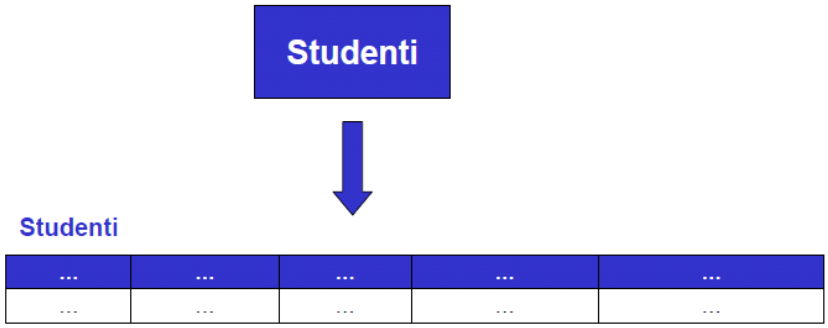
L'entità viene rappresentata graficamente attraverso un rettangolo all'interno del quale deve essere riportato il nome dell'entità stessa; il nome in genere coincide con un **sostantivo**.





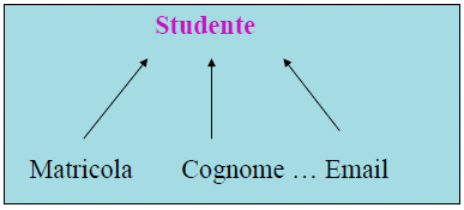
Entità e relazioni

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



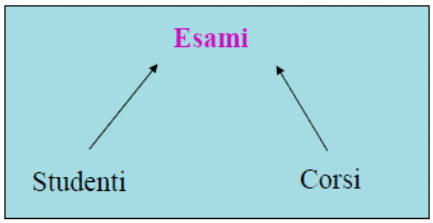
Astrazione di aggregazione

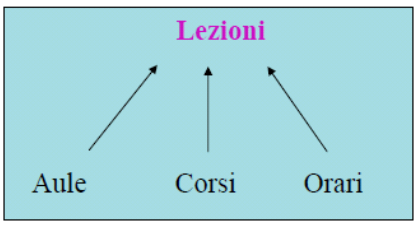
- Definizione di un concetto (classe) a partire da un insieme di concetti componenti



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

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



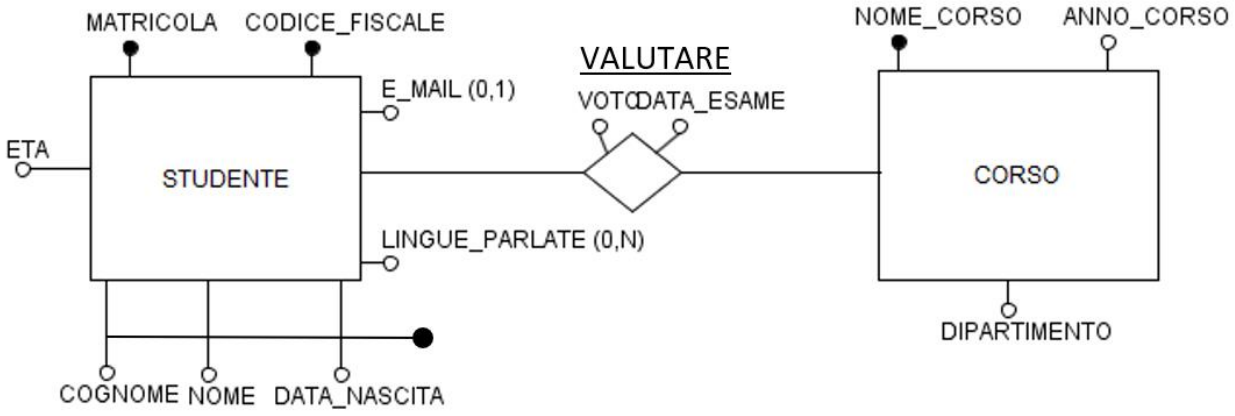


ASSOCIAZIONI

L'associazione (in inglese Relationship, da non confondere con Relation che indica una relazione che informalmente è una tabella e non un legame) descrive eventuali legami concettuali tra una, due o più entità. Per esempio esiste un legame tra la classe e l'alunno, come l'appartenenza. Le associazioni possono essere classificate in base a quanti elementi di un'entità sono coinvolti nel legame stabilito, ma tali aspetti verranno approfonditi più avanti.

L'stanza di un'associazione è l'aggregazione di istanze delle entità che prendono parte all'associazione.

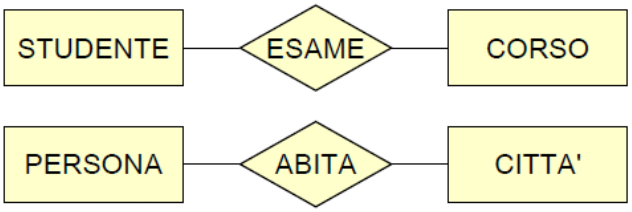
Rappresentazione grafica di un'associazione



L'associazione definisce una **corrispondenza** tra le istanze di due o più **entità**. Rappresenta un legame (significativo per l'applicazione) tra due o più entità. Modella fatti significativi della realtà che mettono in associazione le istanze di due o più entità.

Graficamente l'associazione viene descritta attraverso un rombo nel quale viene riportato il **verbo** che indica l'associazione stessa; es: l'alunno sostiene un esame; l'entità alunno si associa con l'entità esame attraverso l'associazione **sostiene**.

Esempi:

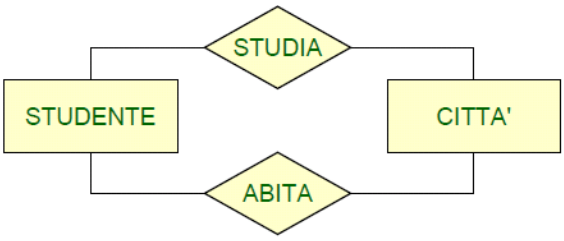


Grado di un'associazione

Rappresenta il numero di entità che partecipano all'associazione.

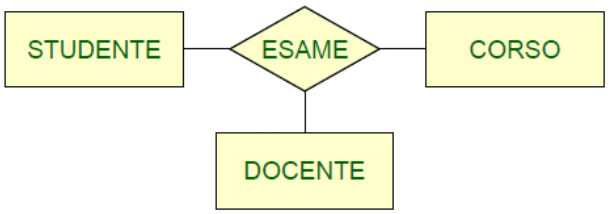
Associazioni binarie: alla associazione partecipano solo due entità.

Es: due associazioni **binarie** tra le entità STUDENTE e CORSO.



Associazioni ternarie: alla associazione partecipano tre entità.

Es: un'associazione **ternaria** tra le entità STUDENTE, CORSO e DOCENTE.



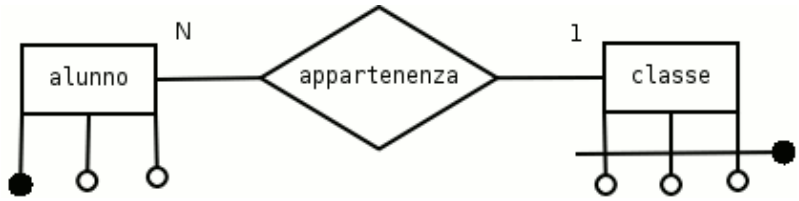
Cardinalità delle associazioni: 1:1, 1:N, M:N

Il vincolo di cardinalità di una associazione indica il tipo di corrispondenza che sussiste tra le entità che partecipano alla associazione stessa.

I possibili rapporti di cardinalità sono:

1:1, 1:N, M:N

Nella rappresentazione grafica, vicino al ramo in prossimità dell'entità coinvolta nel legame, si usa un numero che può essere 1 o N per indicare se quella entità partecipa all'associazione con cardinalità, rispettivamente, 1 o N indicante la molteplicità; si userà 1 per indicare che un solo elemento di quella entità partecipa all'associazione, N per indicare che più elementi partecipano:

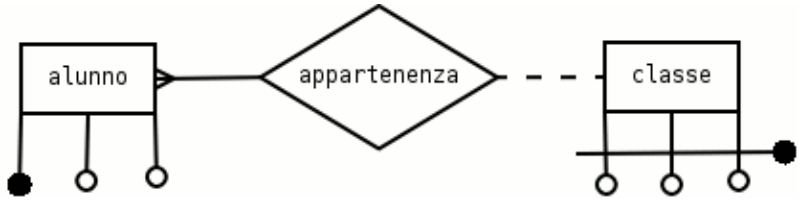


In alternativa ai numeri suddetti si possono utilizzare degli speciali simboli sul segmento grafico:

Oltre alla molteplicità bisogna stabilire se il legame dell'associazione sia obbligatorio oppure opzionale.

Esempio

È obbligatorio o meno che ogni alunno iscritto all'istituto faccia sempre parte di una classe, oppure possano esistere, nel database, alcuni alunni che non appartengano a nessuna classe; inoltre, possiamo domandarci se esistono nel database classi che non contengono nessun alunno. Supponiamo che esistano classi che non contengono nessun alunno: questa caratteristica del legame viene rappresentata graficamente nello schema E-R, solitamente tratteggiando il segmento di unione tra l'associazione e l'entità coinvolta.



In questo caso l'associazione risulta essere obbligatoria-opzionale.

Associazione 1:1

Ad ogni elemento del primo insieme E1 corrisponde uno ed un solo elemento del secondo insieme E2, e viceversa

Associazione 1:N

Ad un elemento di E1 possono corrispondere più elementi di E2 mentre ad ogni elemento di E2 deve corrispondere uno ed un solo elemento di E1.

Associazione N:M

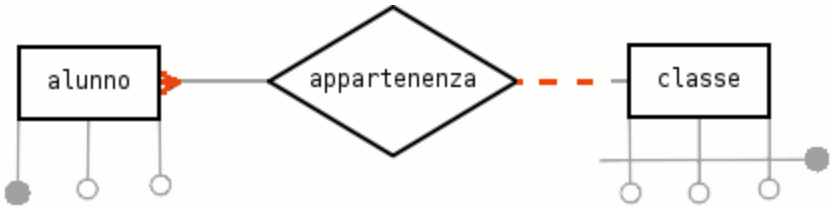
Ad ogni elemento dell'insieme E1 possono corrispondere più elementi dell'insieme E2 e viceversa. Occorre osservare che nella modellazione dei dati con l'approccio E/R le associazioni 1:N sono molto più frequenti delle associazioni di tipo uno a uno e molti a molti. L'associazione molti a molti può essere facilmente scomposta in due associazioni uno a molti, anche per consentire di rappresentare gli attributi dell'associazione.

Regole di lettura

Oltre alla rappresentazione grafica le associazioni possono essere descritte anche in forma verbale (a parole) scrivendo le cosiddette *regole di lettura*; in associazione binaria si ottengono sempre **due** regole di lettura. Analizziamo l'associazione binaria tra alunno e classe appena ottenuta; per motivi didattici è conveniente oscurarne momentaneamente alcune parti ed evidenziarne altre.

L'immagine precedente esprime la seguente regola di lettura (da sinistra verso destra):

ogni alunno DEVE appartenere ad UNA sola classe.



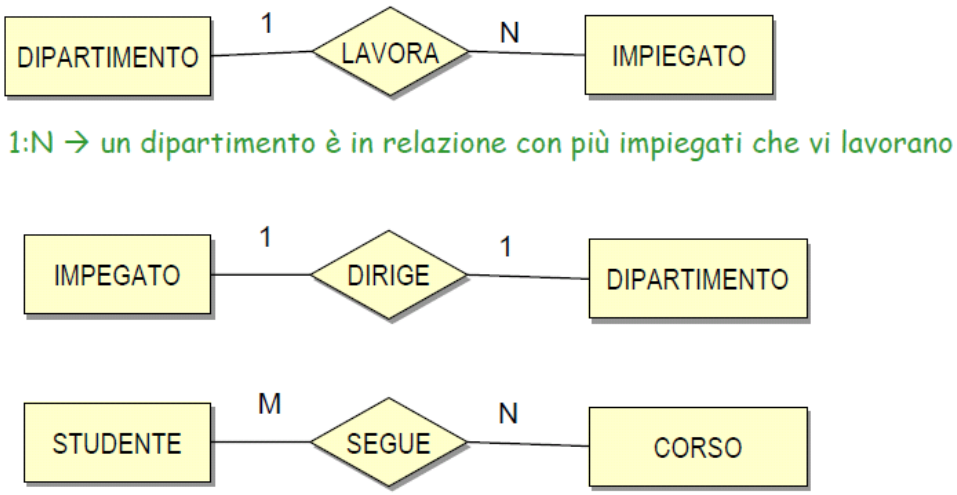
L'immagine precedente esprime la seguente regola di lettura (da destra verso sinistra):

ad ogni classe POSSONO appartenere UNO O PIU` alunni.

In ogni figura ci sono due parti in rosso che corrispondono proprio alle parole scritte in maiuscolo. Le parole in maiuscolo inoltre servono a porre l'attenzione su quei termini che fanno la differenza: il verbo POTERE usato al posto di DOVERE, per indicare l'opzionalità o l'obbligatorietà; il termine UNA SOLA usato al posto di UNO O PIÙ`, per indicare la molteplicità. NOTA: la seconda regola di lettura è leggermente diversa dalla formulazione del vecchio esempio: ora, quando dice che ad ogni classe POSSONO appartenere uno o più alunni significa che ci possono essere classi alle quali non

appartiene nessun alunno. Anche se può sembrare poco realistico questo artificio è stato introdotto solo per rendere l'esempio più completo.
SUGGERIMENTI: per non sbagliare a scrivere le regole di lettura basta ricordarsi di iniziare la frase con la parola OGNI (oppure AD OGNI); per lo stesso motivo è meglio chiamare le entità con sostantivi al singolare (alunno e classe).

Altri esempi:



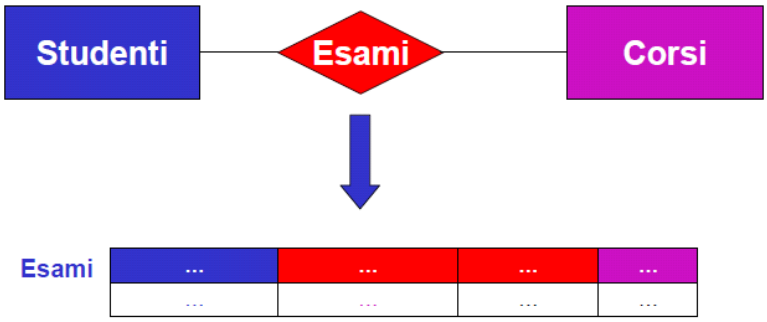
Obbligatorietà – Opzionalità

Se la **Cardinalità Minima** è **zero** allora la partecipazione di un'entità alla associazione è **opzionale**.
Se la **Cardinalità Minima** è **maggiore di zero** allora la partecipazione di un'entità alla associazione è **obbligatoria**.

Una PERSONA può possedere una al massimo 3 AUTO. Un AUTO deve essere posseduta da una sola PERSONA.

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

Prodotto Cartesiano

Dati i seguenti due insiemi A e B:

$A\{a_1, a_2, \ldots, a_n\}$

$B\{b_1, b_2, \ldots, b_n\}$

il prodotto cartesiano è il seguente insieme C:

C=A x B

$$C\{(a_1, b_1), (a_1, b_2), \ldots, (a_1, b_n), (a_2, b_1), (a_2, b_2), \ldots, (a_2, b_n), \ldots, (a_n, b_1), (a_n, b_2) \ldots, (a_n, b_n)\}$$

Cioè è l'insieme di tutte le possibili coppie che hanno per primo elemento un elemento di A e per secondo elemento un elemento di B.

Esempio:

A = {1, 3, 5, 7} e **B** = {2, 4}, allora

A x **B** ={(1, 2), (3, 2), (5, 2), (7, 2), (1, 4), (3, 4), (5, 4), (7, 4)}

ATTRIBUTI

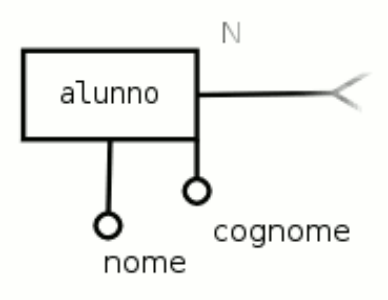
Gli attributi sono le proprietà di un'entità o di una associazione. Un attributo è un concetto che ha una struttura semplice e non possiede proprietà rilevanti associate. Un attributo non ha esistenza autonoma ma è associato ad una entità o ad una associazione.
Un attributo ha un **nome univoco** all'interno dell'insieme degli attributi della *stessa* entità o associazione. Dunque attributi di entità o associazioni diverse possono essere omonimi.

Gli attributi delle entità

Gli attributi sono caratteristiche che descrivono gli elementi di un'entità; per esempio: ogni alunno avrà un nome e un cognome. Gli attributi assumono valori diversi su ogni elemento che fa parte di quella entità, mentre il nome degli attributi è lo stesso per tutti gli elementi dell'entità. Per esempio: ogni alunno avrà sempre un nome e un cognome, ma avranno valori sono diversi da quelli degli altri alunni.
Gli attributi sono riportati con dei tratti continui con pallino, e a fianco a ogni trattino occorre segnare il nome dell'attributo stesso. Nel caso di attributo identificatore (chiave) occorre annerire il pallino.

Esempio

Per un alunno sono attributi il suo **nome** e il suo **cognome**; gli attributi sono rappresentati nello schema E-R con dei cerchi vuoti all'interno:



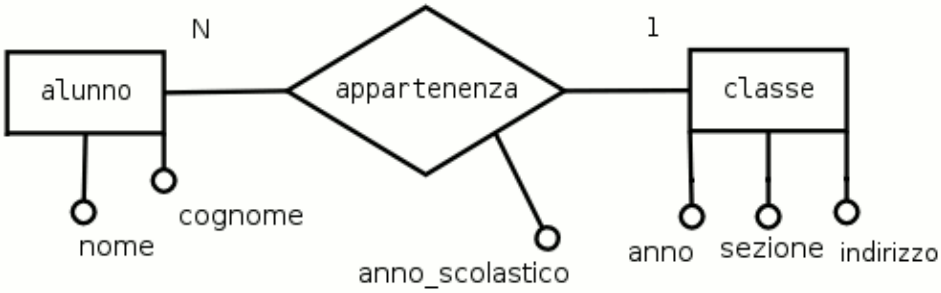
Gli attributi delle associazioni

Può capitare che un attributo sia una caratteristica legata contemporaneamente a più istanze (una coppia o ennupla) di entità partecipanti alla associazione; in questo caso l'attributo non può essere assegnato ad una singola entità, ma nemmeno ad entrambe contemporaneamente.

La soluzione corretta è di assegnare l'attributo all'associazione che collega le due entità.

Esempio

Se vogliamo che il database delle classi degli alunni, sia valido anche negli anni scolastici futuri, dobbiamo permettere di registrare anche l'**anno scolastico di appartenenza** della classe da parte di ogni alunno. L'attributo anno_scolastico specifica il periodo temporale di validità dell'associazione appartenenza e quindi diventerà un suo attributo:



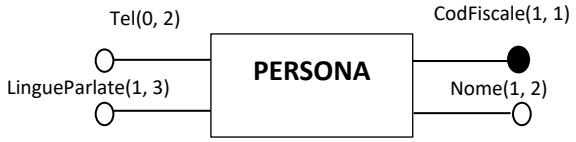
Caratteristiche di un attributo

- **Nome**: che lo identifica.
- **Valore**.
  - **Opzionalità**: possibilità di non essere valorizzato
  - **Dominio**: insieme dei possibili valori che l'attributo può assumere (i valori appartenenti al dominio sono omogenei tra loro, cioè dello stesso tipo).
- **Formato**: tipo di valori che assume.

Cardinalità di un attributo

La cardinalità di un attributo descrive il numero minimo e massimo di valori dell'attributo corrispondenti a ciascuna istanza di entità.

NomeAttributo(min, Max)



NB Un'associazione non può avere un identificatore

Tipologie di attributo

Nel modello ER abbiamo diversi tipi di attributi:

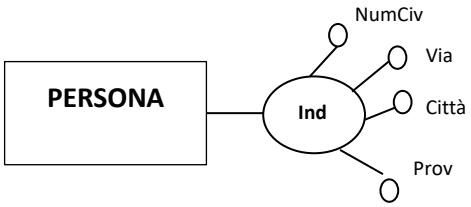
Divisibile?	**Più valori?**	**Obbligatorio?**	**Calcolabile?**
Semplice (atomico)	Singolo valore	Opzionale	Memorizzato
Composto (aggregato)	Multivalore	Obbligatorio	Derivato

Attributo Semplice: non scomponibile in altri sotto-attributi. Es: Nome, Età non possono essere scomposti in più sotto-attributi.

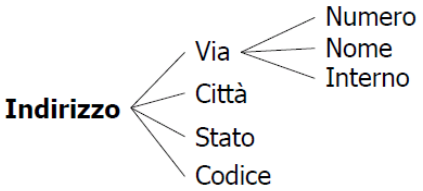
Attributo Composto: costituito da più sotto-attributi atomici; spesso vengono usati per raggruppare attributi correlati.

Es1: Data = Giorno + Mese + Anno.

Es2: Indirizzo = NumCiv + Via + Città + Prov, come visualizzato nella seguente immagine:



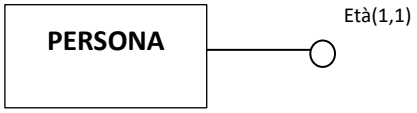
NB: Gli attributi composti possono formare una gerarchia:



NB: Per questo motivo nello schema ER devono essere assolutamente evitati gli attributi composti.

Attributo a singolo valore: può avere al più un valore.

Es1: nella seguente figura l'attributo **Età** dell'entità **Persona** è un attributo semplice non scomponibile ulteriormente, infatti la cardinalità massima è 1.



Altri esempi: CodFiscale, Nome, Tel, Indirizzo_Posta_Elettronica.

Attributo Multivalore: può avere più valori.

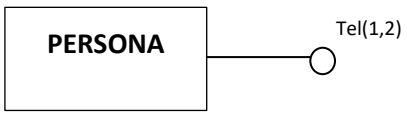
Es1: Tel = {TelCasa, TelUfficio. Cell, …}.

Es2: LingueParlate {Ita, Eng, Ted, …}.

Es3: AutoreLibro = {Autore1, Autore2, …}.

Vogliamo rappresentare nel modello il fatto che una persona possa avere più numeri di telefono o possa parlare più lingue, o che l'autore di un libro possa essere più di uno.

Es4: nella seguente figura l'entità **Persona** dispone di un attributo **Tel** multivalore in quanto la cardinalità massima è 2, per indicare che al più la persona dispone di due numeri telefonici:



Attributo Opzionale: l'attributo può non avere alcun valore, cioè può non essere valorizzato. Es: Tel può essere facoltativo se vogliamo rappresentare nel modello il fatto che non tutte le persone hanno il telefono. In questo caso la cardinalità minima è 0.

Un attributo **opzionale** può non avere un valore a causa di uno dei seguenti motivi:

- il valore dell'attributo non esiste. Ad esempio, nel caso di un attributo email per una persona, la persona non possiede un indirizzo di posta elettronica;
- il valore dell'attributo esiste ma non è noto. Quindi, la persona ha un indirizzo di posta elettronica ma non ci è noto quale sia;
- non è noto se il valore dell'attributo esista. Quindi, non sappiamo se la persona abbia un indirizzo di posta elettronica.

Attributi Obbligatori: sono attributi che devono avere almeno un valore, ovvero devono essere sempre valorizzati (non possono assumere valore nullo NULL). Es: CodFiscale, Nome, LingueParlate. In questo caso la cardinalità minima è 1.

Attributi Memorizzati: sono attributi i cui valori sono effettivamente memorizzati nella base dati.

Attributo Derivato: attributo i cui valori non sono effettivamente presenti nella base dati in quanto possono essere ricavati a partire da valori di altri attributi memorizzati.
Es1: Età → derivato da DataNascita (DataAttuale – DataNascita).
Es2: NumSconfitte → derivato da NumVittorie e NumPareggi (NumPartite – NumVittorie – NumPareggi).

NB. Se la specifica del vincolo manca, come avviene nella maggioranza dei casi, la cardinalità dell'attributo è (1,1).

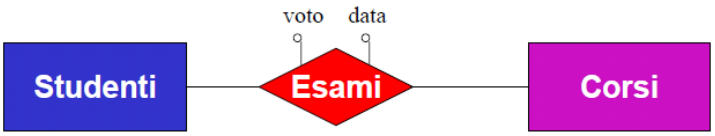
Attributi a Valore Nullo
Alcuni attributi possono avere valore nullo (**null**) col significato di "assenza di informazione", "non noto", o "mancante" o "non applicabile". Può significare:

- Che all'attributo non è possibile assegnare un valore. Es: Cognome da nubile di IMPIEGATO maschio.
- Che, per il momento, non si conosce il valore da assegnare all'attributo. Es: Matricola di STUDENTE trasferito.
- Una combinazione dei due casi precedenti.

In generale i valori nulli creano problemi di memorizzazione e di elaborazione e/o interrogazione dei dati.

Attributi: dell'entità o dell'associazione?

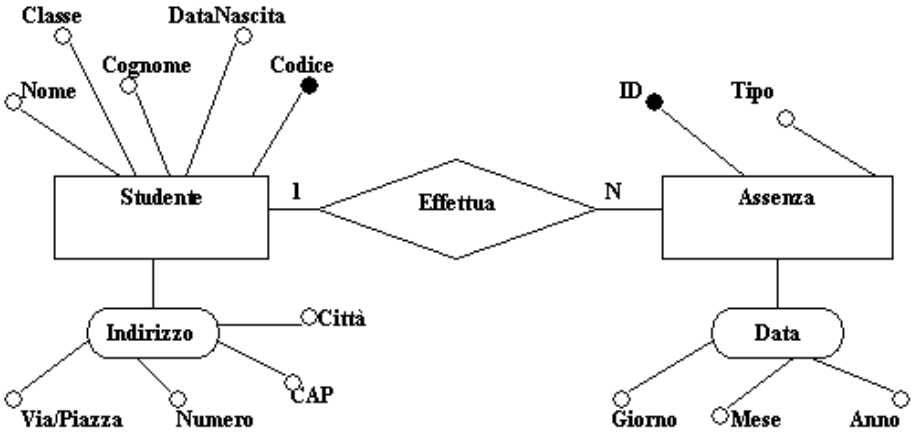
- È importante fare attenzione a dove si specificano gli attributi!



- 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

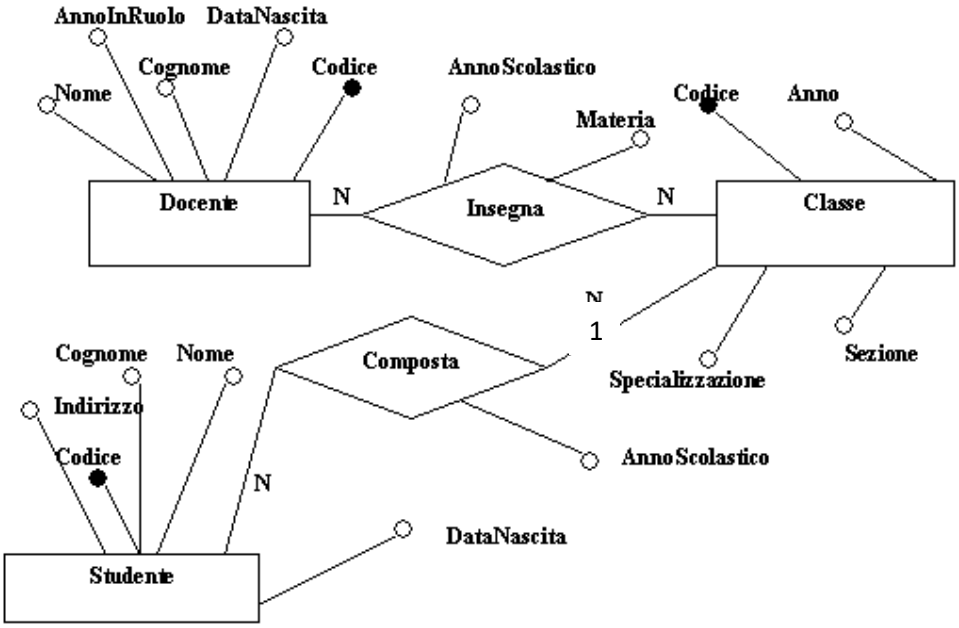
Esempio

Gestione delle assenze degli studenti di una scuola.



Esempio

Gestione docenti, classi e studenti in diversi anni scolastici.



IDENTIFICATORI

Un identificatore permette l'**individuazione delle istanze di un'entità**; deve valere anche la **minimalità**; nessun sottoinsieme proprio dell'identificatore deve a sua volta essere un identificatore.
NB. 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.

NB 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**.

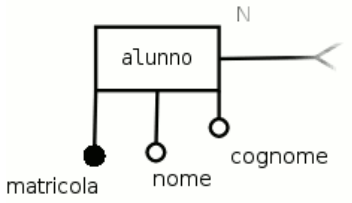
Ogni entità deve avere **almeno un identificatore**, in generale può averne più di uno.

IDENTIFICATORE INTERNO DI ENTITA' FORTE

L'identificatore interno di una entità forte specifica l'attributo o l'insieme di attributi che permettono di identificare in maniera univoca ciascuna singola istanza dell'entità.
Questi attributi hanno il ruolo di identificare univocamente ogni elemento che appartiene all'entità.
Un identificatore ha le seguenti due proprietà:

- **univocità**: i valori degli attributi identificano univocamente le istanze dell'entità *nel micro-mondo modellato*. Vale a dire che nell'universo del discorso dell'applicazione non possono esistere due istanze diverse con lo stesso valore assegnato all'identificatore;
- **minimalità**: rimuovendo un qualsiasi attributo dall'insieme perdiamo il requisito di univocità.

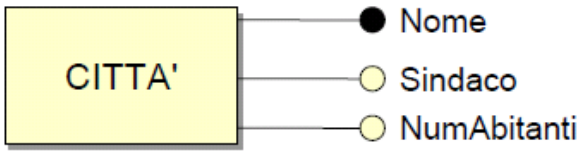
Es1:
per identificare univocamente ogni alunno può essere usato un numero unico fornito dalla segreteria al momento dell'iscrizione, che chiameremo matricola.



E` importante sottolineare che il valore attribuito all'attributo identificatore deve essere diverso per ogni elemento dell'entità (non devono esistere due alunni con la stessa matricola). Gli attributi identificatori sono rappresentati da un cerchio pieno. Gli attributi identificatori sono molto importanti, fino al punto che esiste la seguente regola: ogni entità deve possedere un attributo identificatore. Non si deve mai usare un'entità senza attributo identificatore in uno schema E-R. Un altro frequente e grossolano errore è quello di considerare tale attributo, l'identificatore della categoria, invece che degli elementi che la compongono. Viceversa, vale la regola per cui le associazioni rifiutano l'attributo identificatore in quanto esse non rappresentano una categoria di elementi (come l'entità).

Attributi identificatori semplici

Es2: l'attributo **Nome** dell'entità Città, che identifica in modo univoco un'istanza dell'entità stessa, è un attributo semplice. Non possono esistere due città diverse con lo stesso nome.

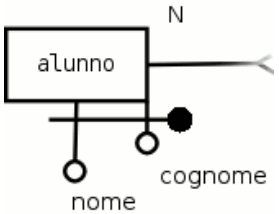


Attributi identificatori composti

Quando non si riesce a trovare un attributo che soddisfi i requisiti di unicità necessari per l'identificazione, si può usare un gruppo di attributi per realizzare un unico attributo identificatore composto.

Es1:

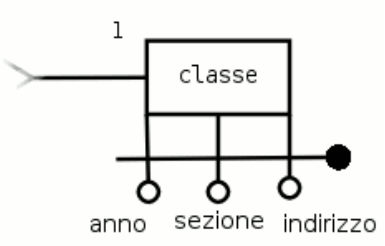
se non esistesse la matricola dell'alunno, potremmo usare, per identificare un alunno, il suo nome e il suo cognome, nell'ipotesi semplificativa che non esistano mai due alunni omonimi in tale istituto.



Es2:

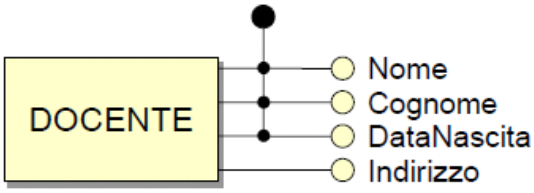
Un altro esempio di attributo identificatore composto può essere osservato nell'entità classe, in cui, l'identificazione può essere fatta considerando l'insieme degli attributi costituiti da anno, sezione e

indirizzo; come conseguenza non ci potranno essere due classi dello stesso anno, sezione e indirizzo. Un'altra ottima soluzione sarebbe stata quella di aggiungere un attributo identificatore ideato dal progettista e chiamato codice-classe.



Es3:

L'insieme degli attributi Nome, Cognome, DataNascita identica in modo univoco un singolo docente all'interno dell'entità Docente. In questa realtà si suppone che non esistano due docenti che abbiano lo stesso Nome, Cognome e DataNascita.



Es4:

Per l'entità Auto la coppia NumeroTarga e Provincia è chiave.

IDENTIFICATORI CANDIDATI A DIVENTARE CHIAVE PRIMARIA

Un'entità può avere più di un identificatore, ma nella traduzione dello schema ER nello schema Relazionale (come si vedrà nell'apposito capitolo) occorrerà sceglierne uno solo, secondo i seguenti criteri:

- gli attributi opzionali non possono far parte della chiave primaria. Dunque identificatori che contengono attributi opzionali non possono diventare chiavi primarie;
- sono preferibili, per motivi di efficienza, identificatori composti dal minor numero di attributi;
- è preferibile, per motivi di efficienza, scegliere identificatori composti da attributi che vengono utilizzati da molte operazioni o da operazioni molto frequenti;

- se non si riesce a trovare un identificatore che soddisfa i precedenti requisiti è possibile introdurre un nuovo attributo che serve solo ad identificare univocamente le istanze dell'entità. Questi attributi sono solitamente detti **codici numerici**.

L'identificatore scelto assumerà il nome di **chiave primaria** nel modello relazionale.

Esempio

In un opportuno micro-mondo, uno studente può essere identificato dalla matricola o dall'insieme di attributi nome, cognome e data di nascita. Possiamo scegliere come chiave primaria la matricola in quanto è l'identificatore costituito dal minor numero di attributi.

ALTRE REGOLE PER UNA BUONA COSTRUZIONE DI UN MODELLO E/R

Oltre alla regola scritta per cui "ogni entità deve possedere un attributo identificatore", esistono altre "regole non scritte" che ci possono aiutare a realizzare un buono schema E-R.

- Evitare le entità che possiedono solo l'attributo identificatore, perché probabilmente non c'è bisogno di quelle entità (e quindi nemmeno dell'eventuale associazione che le lega ad un'altra entità).
- Cercare di usare un attributo identificatore che occupi meno memoria possibile in termini di byte; ad esempio, usare come identificatore un codice alfanumerico o numerico di solito è una soluzione migliore di quella di usare una lunga parola che fornisce una descrizione completa.

TIPOLOGIE DI ENTITÀ

Le entità si possono classificare in base al fatto che possa essere individuato oppure no un identificatore interno:

- **Entità forti**: è possibile individuare uno o più attributi che identificano in modo univoco un'istanza dell'entità (identificatore interno).
- **Entità deboli**: non è possibile individuare l'identificatore interno.

ENTITÀ DEBOLE

Quando gli attributi di un'entità, detta **entità debole**, non sono sufficienti ad identificare le sue istanze, occorre ricorre ad una o più altre entità, dette **entità forti**. L'entità debole viene identificata collegandola ad un'altra entità dalla quale eredita l'identificatore: **identificatore esterno**.

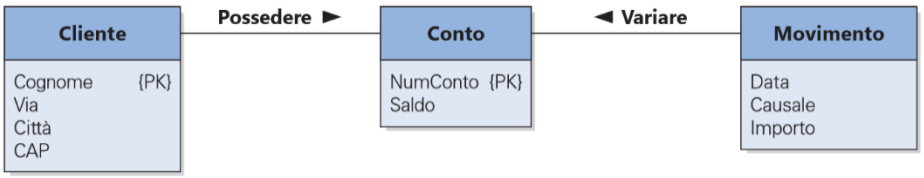
Si possono avere due differenti tipi di identificazione dell'entità debole:

- **Identificatore esterno**: l'entità debole ha come identificatore quello dell'entità forte ad essa associata.
- **Identificatore misto**: l'identificatore dell'entità debole è composto da un identificatore parziale interno e un identificatore esterno.

IDENTIFICATORE ESTERNO

L'entità debole, per sua caratteristica non possiede uno o più attributi che possano identificare in modo univoco un'istanza dell'entità. Occorre ricorrere quindi a identificatori esterni relativi a entità forti ad essa associabili. Per esempio l'entità FINIRE di un ordine non possiede identificatore.

Esempio:



L'entità Movimento è debole in quanto non ha un identificatore. Questa entità assume significato solo se viene associata all'entità Conto.

NB

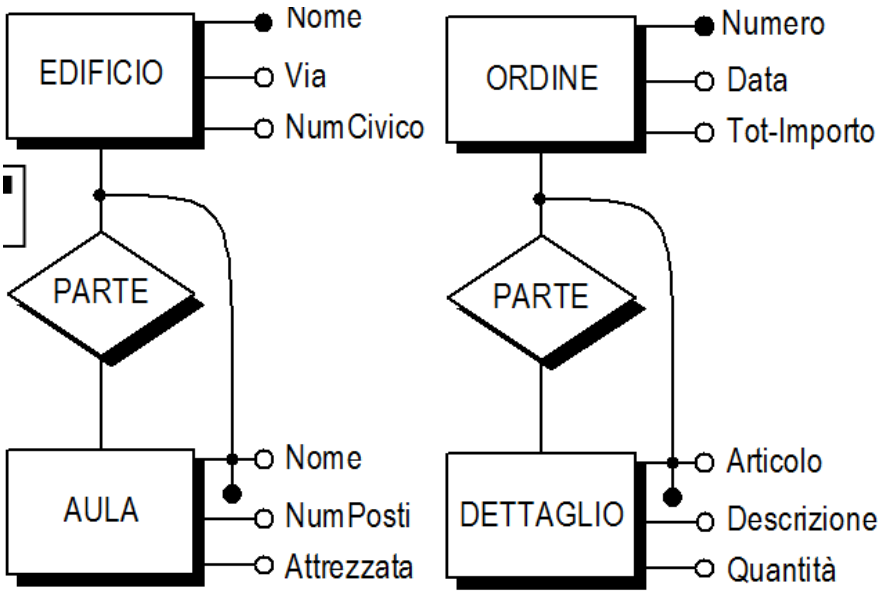
Si osservi che spesso, per evitare di avere entità deboli, si aggiunge un attributo, in genere un numero progressivo assegnato automaticamente, che identifica completamente un'istanza dell'entità.

In questo modo ogni movimento risulta completamente identificato dal valore di questo attributo che, pertanto, costituisce anche la chiave primaria dell'entità.

Questo modo di operare, inoltre, permette di ordinare cronologicamente i movimenti.

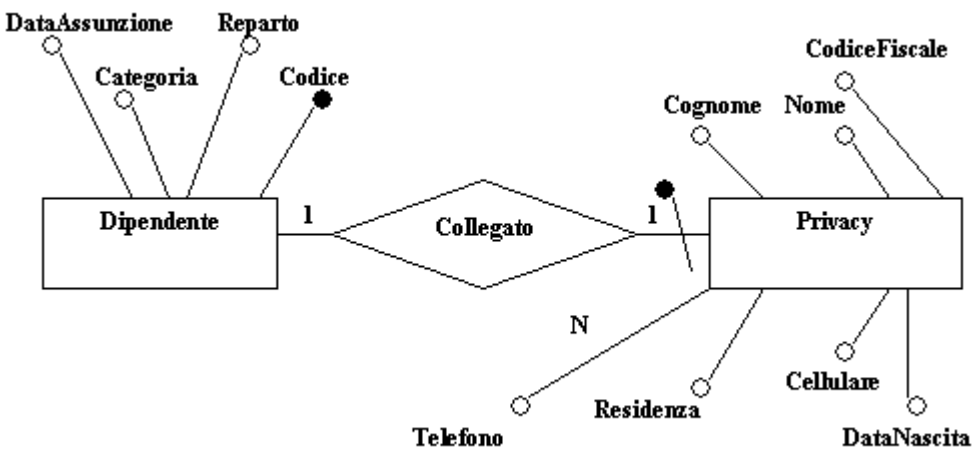
IDENTIFICATORE MISTO

Talvolta una entità non ha una chiave ma è identificata componendo una propria **chiave parziale** con la chiave di un'altra entità alla quale è associata mediante un'associazione. L'entità priva di chiave propria si chiama **entità debole**, l'entità associata a questa si chiama **entità forte** e la relazione che le lega si dice **identificante**. Affinché l'entità debole possa essere univocamente identificata, essa deve partecipare alla associazione identificante con vincolo di partecipazione obbligatoria e cardinalità 1. Vale a dire, per ogni istanza dell'entità debole, deve esistere esattamente una istanza dell'entità proprietario (che la identifica). Una identificazione esterna può coinvolgere più entità proprietarie. Inoltre, una entità proprietaria può essere a sua volta debole purché non si formino cicli di entità deboli.



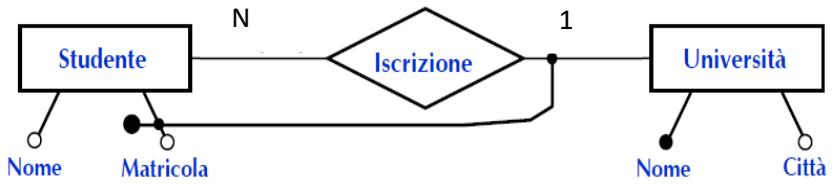
Esempio

Gestione dei dati di un dipendente proteggendo i dati soggetti alla legge sulla privacy.



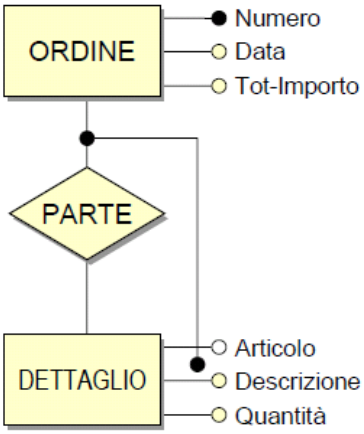
Esempio 1

In una base di dati che modella una rete di università, vi sono le entità studente e università. Ogni studente è dotato di una matricola, che lo identifica *solo* all'interno dell'università in cui studia. Lo studente viene identificato univocamente componendo la matricola con la chiave dell'entità università (ad esempio nome). In tal caso, l'entità debole è studente, l'entità forte è università, la chiave parziale di studente è matricola e la chiave di studente è matricola e nome dell'università.

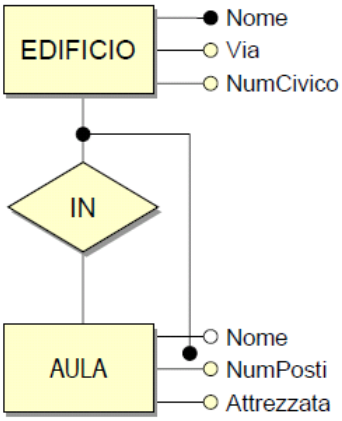


Esempio 2

Dettaglio è un'entità debole in quanto non si riesce ad individuare un attributo che identifichi univocamente le sue istanze. Si ricorre, quindi, all'identificatore **Numero** dell'entità forte **Ordine**. Effettivamente, i dettagli di un ordine non possono esistere se non sono associati ad un ordine.

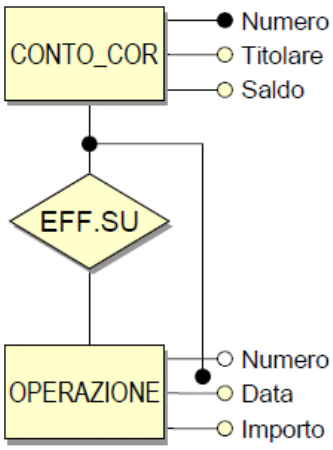


Esempio 3



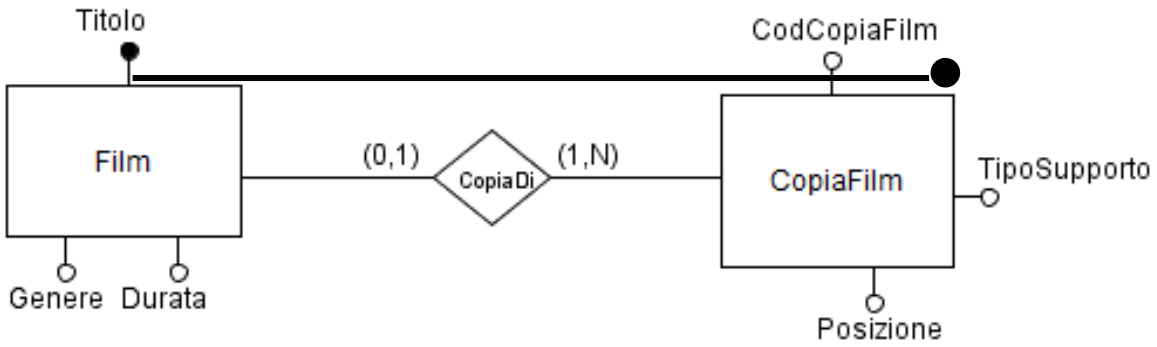
Esempio 4

Un'operazione bancaria di versamento/prelievo su/da un conto corrente non può avere un'esistenza autonoma; l'operazione deve essere riferita ad un conto corrente.



Esempio 5

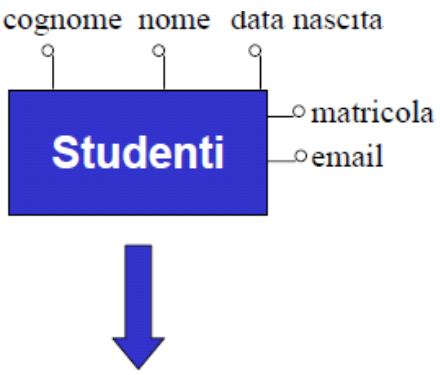
Si vogliono gestire le copie di film possedute da un VideoNoleggio. Un Film (oggetto astratto) è identificato da un Titolo, un Genere e una Durata. La copia di un film (CopiaFilm è un oggetto fisico) è identificata da un Codice, dal Tipo di supporto e dalla posizione nell'archivio.



CopiaFilm è un'entità debole in quanto per esistere deve esistere il corrispondente Film. L'identificatore univoco sarà quindi misto, costituito dall'attributo interno CodCopiaFilm e dall'identificatore univoco esterno dell'entità Film.

Entità con attributi Versus le Relazioni

Come vedremo nel capitolo relativo alla costruzione di schemi relazionali, possiamo affermare, in prima approssimazione che, un entità con attributi, del modello E/R, è considerabile "equivalente" a una relazione, del modello Relazionale, di cui ora è possibile definire uno schema.



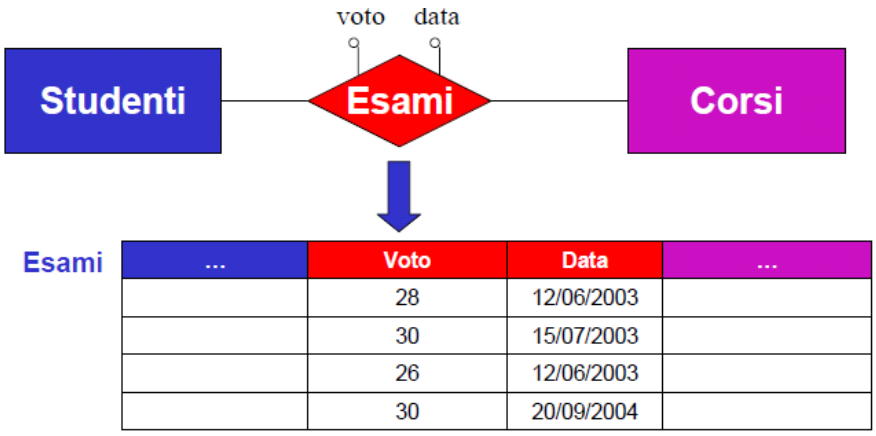
Studenti

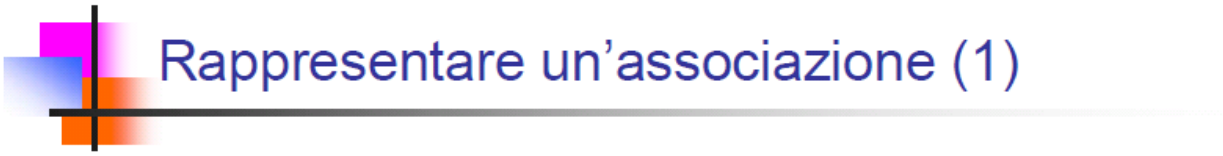
Matricola	Cognome	Nome	DataNascita	Email
29323	Bianchi	Giorgio	21/06/1978	gbianchi@alma.unibo.it
35467	Rossi	Anna	13/04/1978	anna.rossi@yahoo.it
39654	Verdi	Marco	20/09/1979	mverdi@mv.com
42132	Neri	Lucia	15/02/1978	lucia78@cs.ucsd.edu

Associazioni con attributi Versus le Relazioni

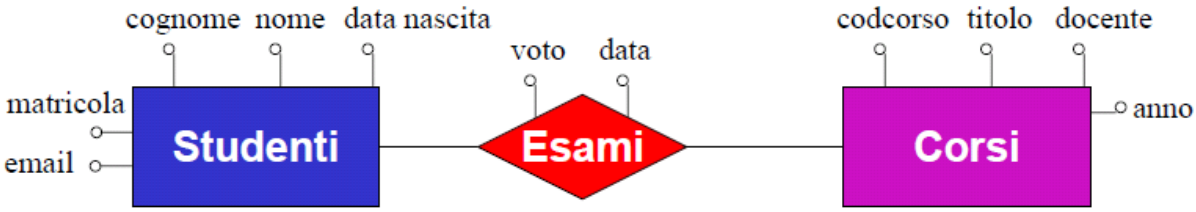
Ancora in modo approssimativo, un'associazione con attributi, del modello E/R, è considerabile "equivalente" a una relazione, del modello Relazionale, di cui ora è possibile definire solo uno schema parziale.

NB occorre ancora trovare il modo di mantenere le giuste corrispondenze tra le entità coinvolte.





- 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:

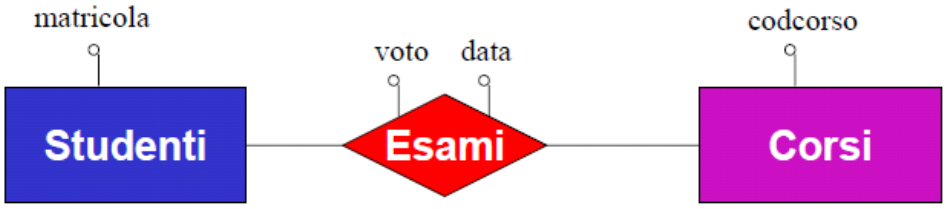
"Lo studente Giorgio Bianchi, nato il 21 Giugno 1978, con numero di matricola 29323 ed email gbianchi@alma.unibo.it, ha superato con voto 28 il 12 Giugno 2003 l'esame del corso di Analisi, codice 483, tenuto dal Prof. Biondi al primo anno"

Rappresentare un'associazione (2)

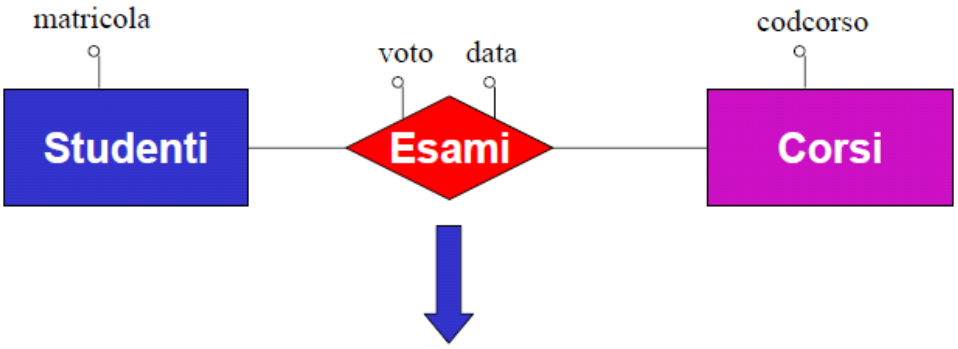
- Anticipiamo qualcosa…
- Osserviamo che CodCorso è la sola chiave di Corsi, e quindi anche chiave primaria, e che Matricola è la chiave primaria di Studenti
- Possiamo pertanto dire, senza perdita di informazioni, la stessa cosa in modo più compatto:

  "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)



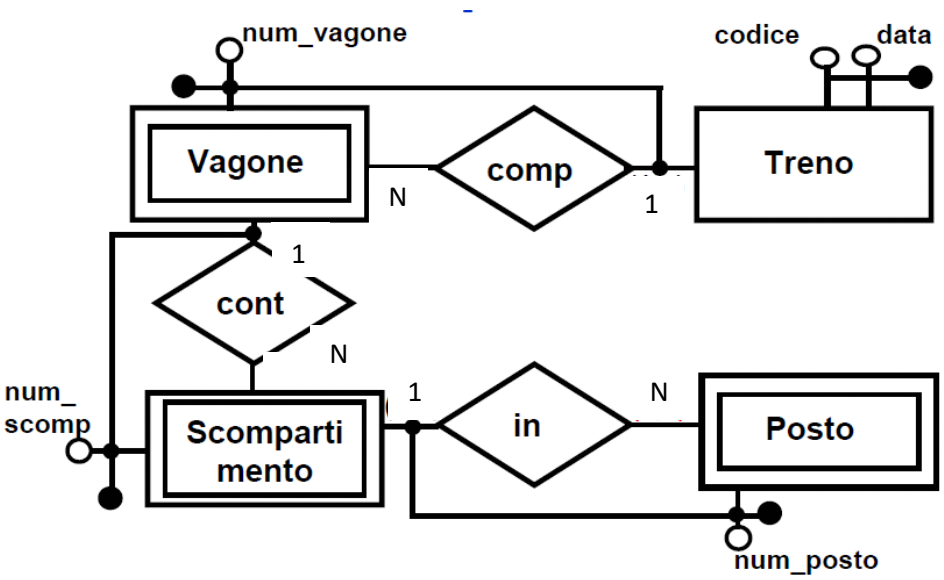
Esami

Matricola	Voto	Data	CodCorso
29323	28	12/06/2003	483
39654	30	15/07/2003	729
29323	26	12/06/2003	913
35467	30	20/09/2004	913

Esempio 1 (con entità deboli) - specifiche:

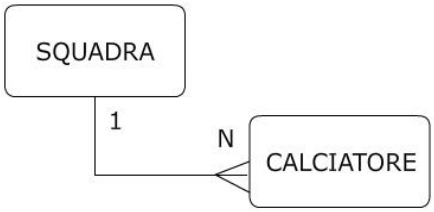
I treni sono identificati da un codice e da una data, sono composti da vagoni che contengono scompartimenti in cui si trovano i singoli posti da prenotare.

I vagoni e gli scompartimenti sono numerati, all'interno di ogni scompartimento; i posti sono numerati nello stesso modo.

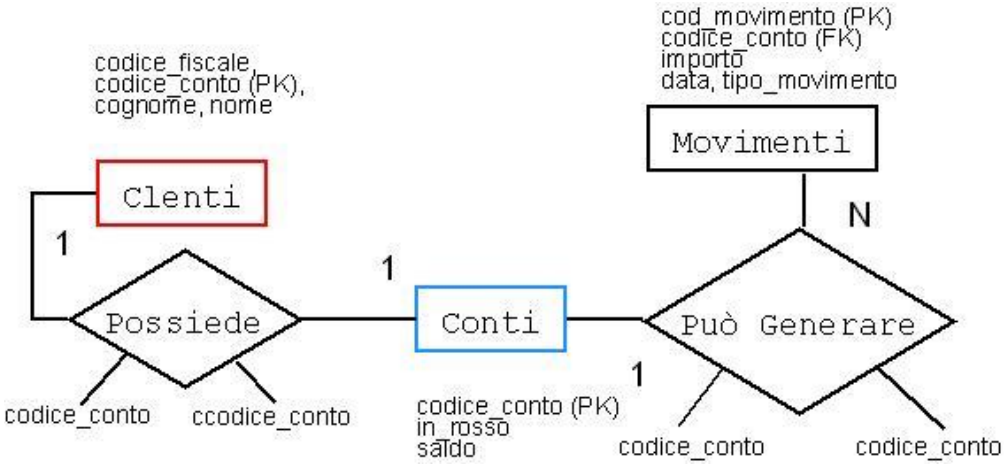


Esempio 2:

Una squadra possiede N calciatori. Un giocatore può giocare in una sola squadra. Si è omessa l'associazione per semplicità. Risolvere il problema di dover gestire la situazione di un giocatore che può trasferirsi in un'altra squadra nella stessa situazione.

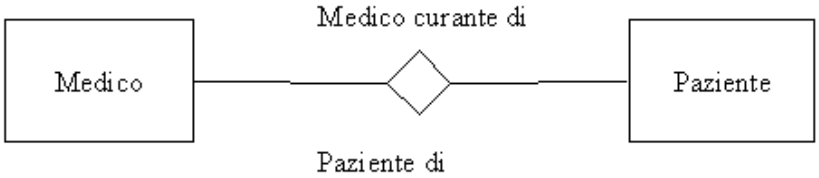


Esempio 3:

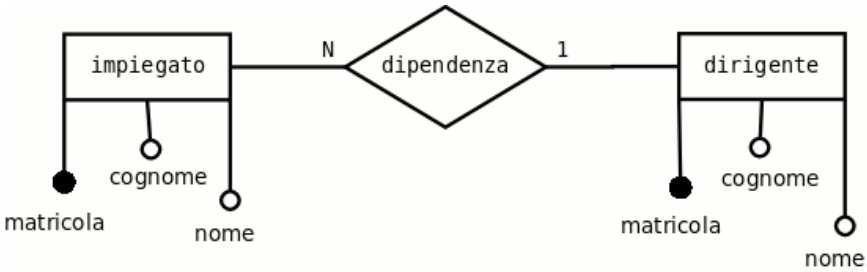


Esempio 4:

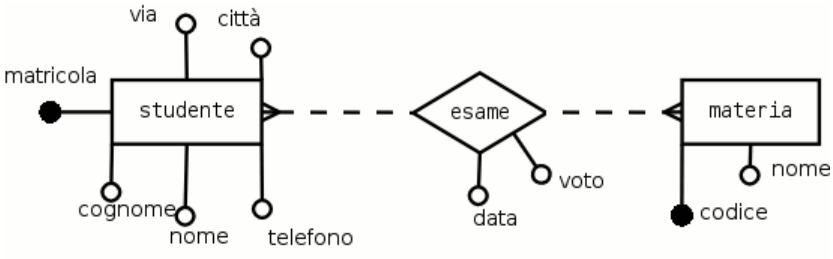
La relazione può essere letta come “Medico curante di” o “paziente di” a seconda che si legga da sinistra a destra o da destra a sinistra. In realtà poco cambia in quanto non vi è ambiguità sul fatto che l’associazione sia la classe che lega coppie di istanze di medici e pazienti. Per semplicità non scriveremo all’interno del rombo una parola naturale che meglio rappresenti tale legame. In questo esempio potrebbe essere “Curare”.



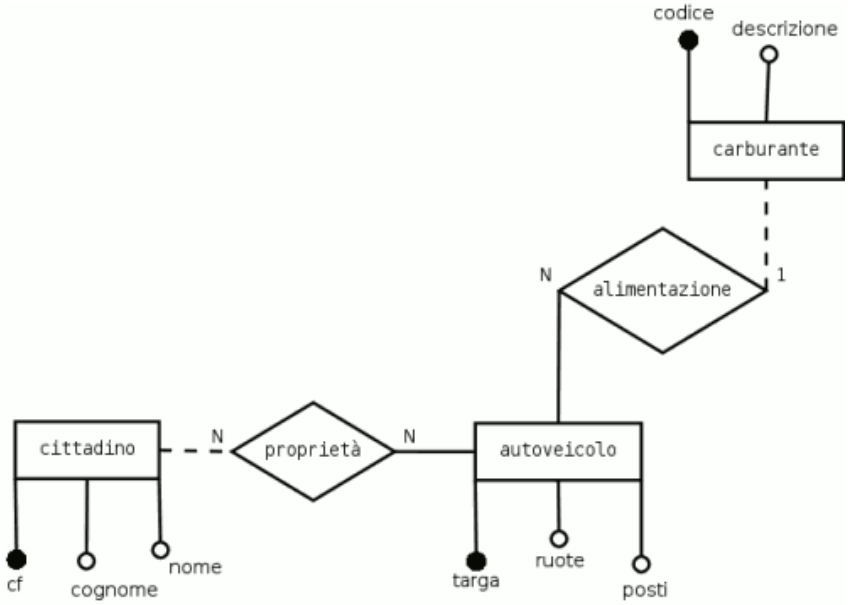
Esempio 5:



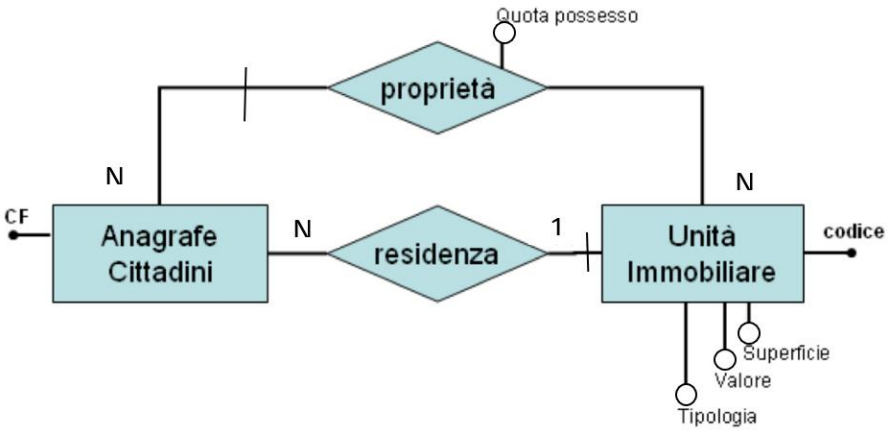
Esempio 6:



Esempio 7:

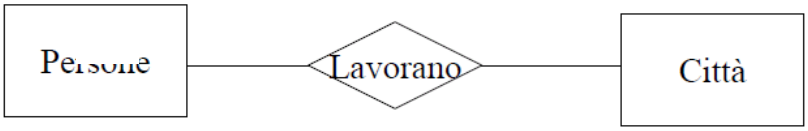


Esempio 8:

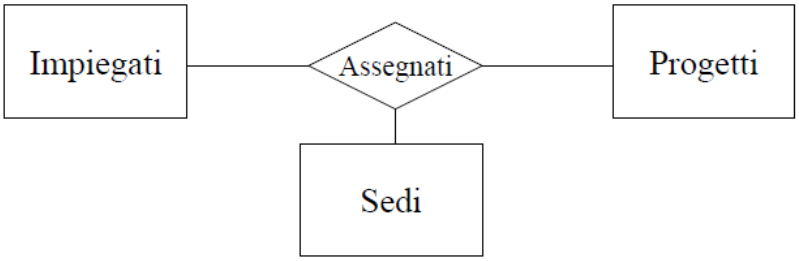


GRADO DELLE ASSOCIAZIONI

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

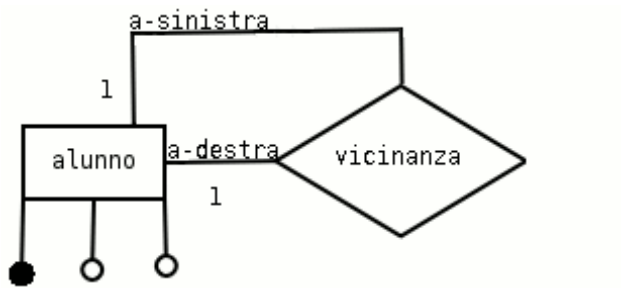


- associazione ternaria: grado = 3



ASSOCIAZIONI UNARIE O RICORSIVE

Le associazioni **unarie** sono quelle che coinvolgono due volte la stessa entità e per questo motivo sono chiamate anche **ricorsive**; ci si accorge di dover usare queste particolari associazioni quando nello schema E-R sarebbe necessario disegnare due volte la stessa entità (una cosa non possibile nella realtà). Ad esempio, se si vogliono registrare le coppie di alunni vicini di banco, bisognerà mettere in collegamento un alunno con un altro alunno, con una nuova associazione che chiameremo vicinanza. Siccome l'entità alunno è già presente, basta usare due volte la stessa entità, ma per non fare confusione nelle regole di lettura si può usare uno pseudonimo diverso per ogni verso di lettura dell'associazione: nella figura abbiamo deliberatamente dimenticato di disegnare l'associazione appartenenza.



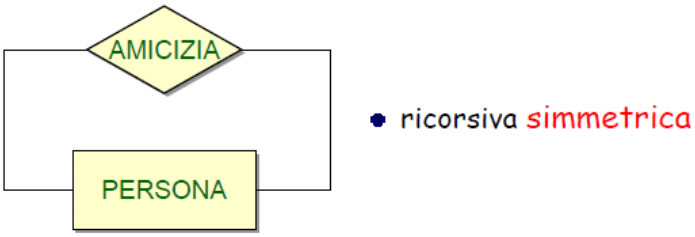
In questo caso le regole di lettura saranno le seguenti:

- ogni alunno-a-destra deve avere vicino un solo alunno - a - sinistra;
- ogni alunno-a-sinistra deve avere vicino un solo alunno - a - destra.

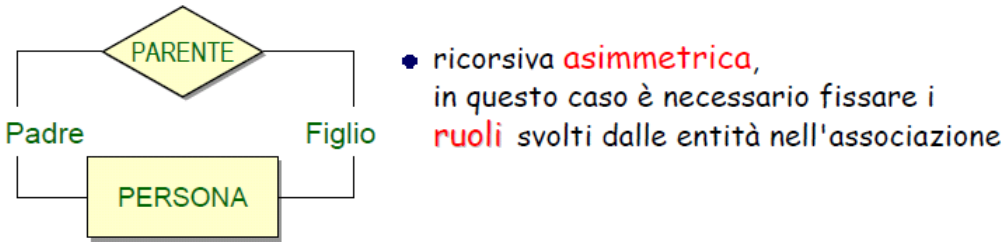
Le associazioni ricorsive possono essere di due tipi:

- simmetriche
- non simmetriche: occorre definire i ruoli di partecipazione dell'entità alla associazione.

Esempi 1:

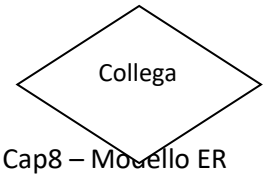


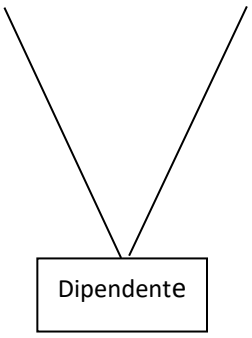
Esempi 2:



Esempio 3:

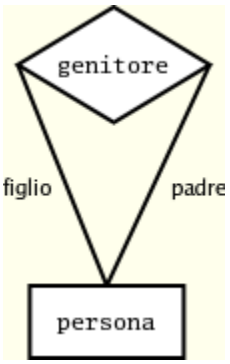
L'associazione *collega* definita sull'entità *dipendente* è simmetrica e, quindi, non occorre definire i ruoli di partecipazione dell'entità alla associazione.



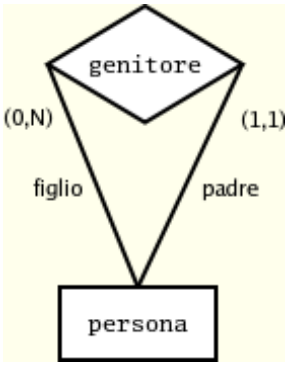


Esempio 4:

L'associazione **genitore** sull'entità **persona** non è simmetrica e, quindi, occorre definire i ruoli **padre** e **figlio**:

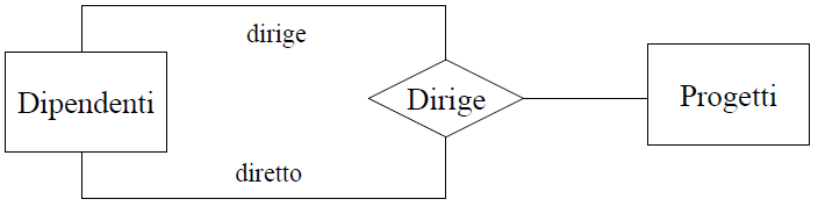


Di seguito proponiamo un esempio di relazione ricorsiva con ruoli e cardinalità. Ogni persona ha esattamente un padre e zero o più figli:



Associazioni ad anello (3)

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

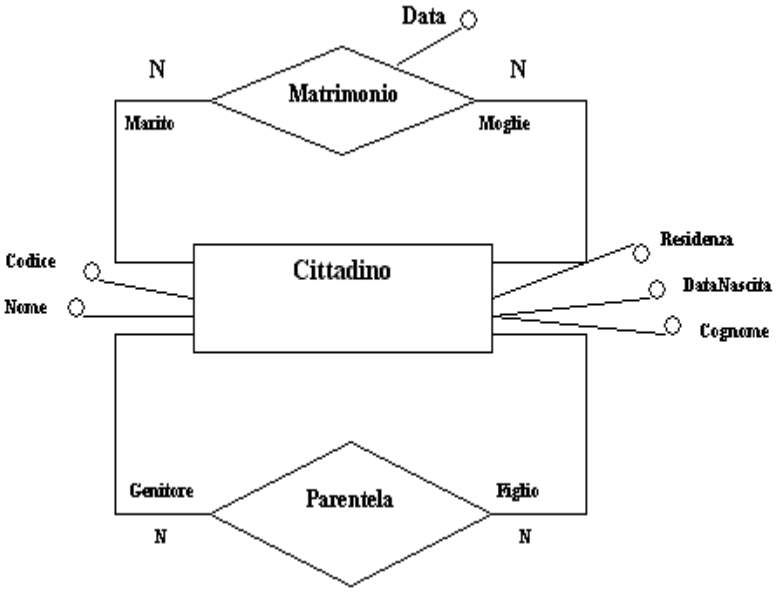


- Il significato di un'istanza (d1,d2,p) è:

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

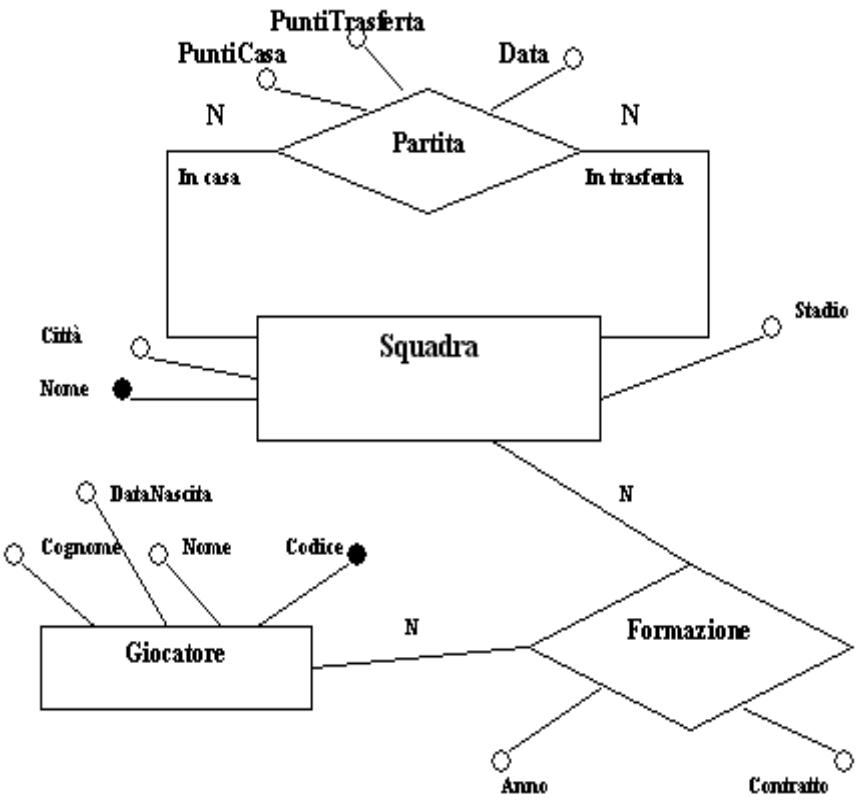
Esempio

Associazioni ricorsive "matrimonio" e "parentela".



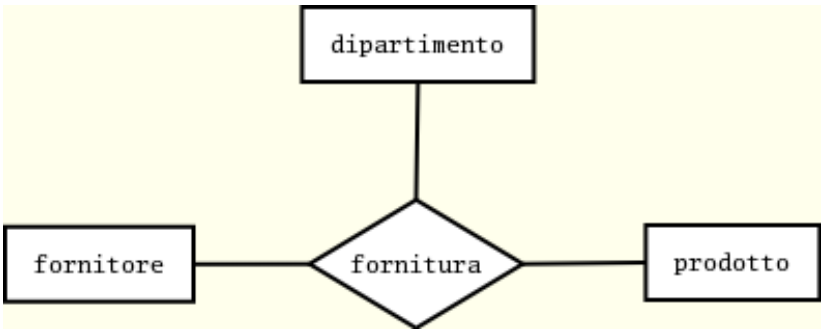
Esempio

Gestione delle partite (e i loro risultati) di un campionato a squadre e delle formazioni delle squadre stesse.

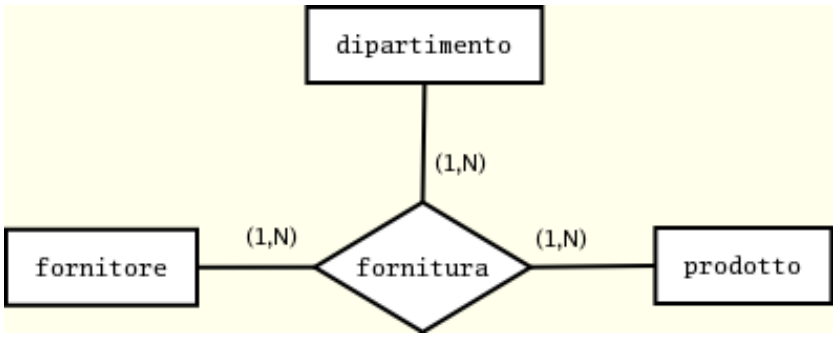


ASSOCIAZIONI N-ARIE

Le associazioni N-arie sono associazioni che associano più di due entità. Ad esempio, l'associazione *fornitura* associa un *fornitore* che rifornisce di un certo *prodotto* un qualche *dipartimento*:

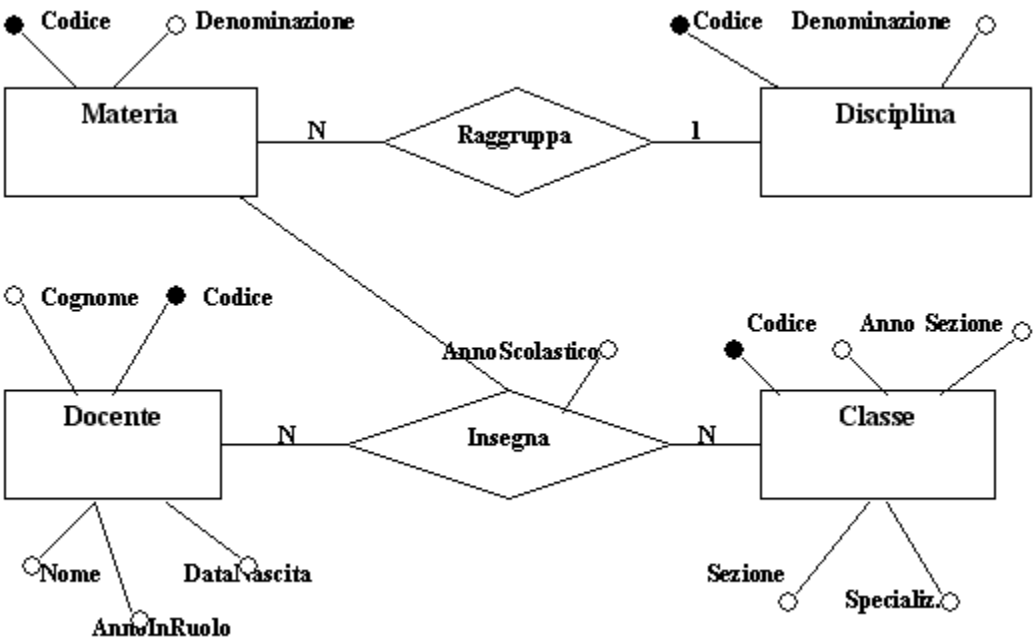


Nel seguente esempio è mostrata una relazione ternaria con le relative cardinalità:

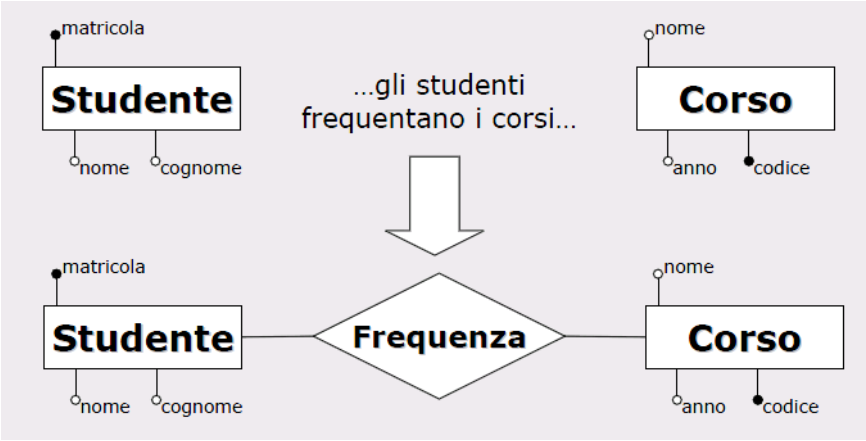


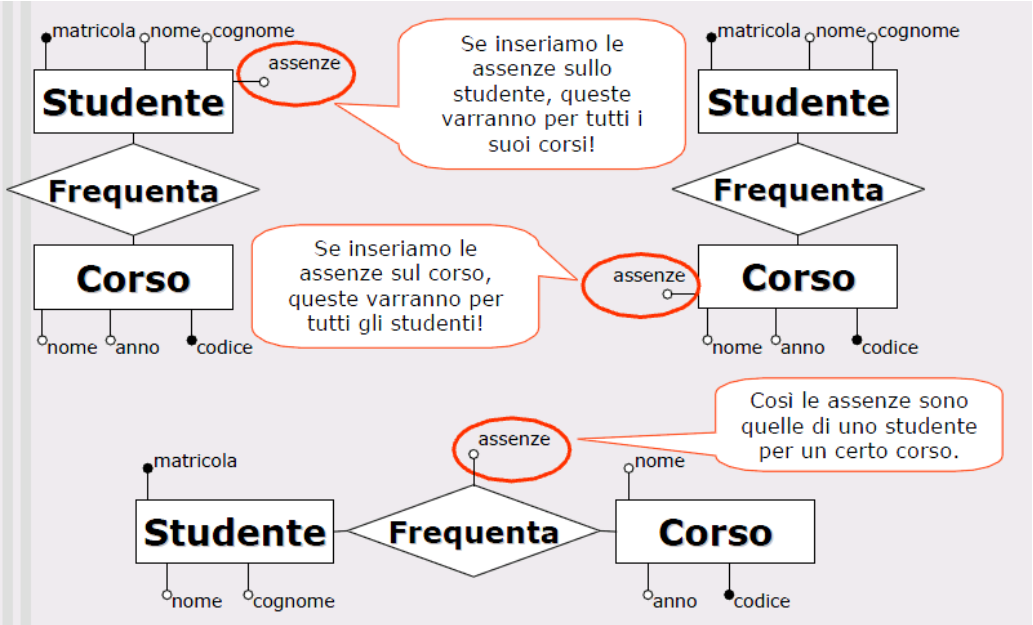
Si ricordi che la cardinalità di una entità si riferisce al numero di istanze della relazione a cui quella entità può partecipare. Ad esempio, nel caso di fornitore, la cardinalità si riferisce al numero di *coppie* prodotto e dipartimento che il fornitore rifornisce. Dunque una cardinalità massima pari a uno per l'entità fornitore si ha quando un fornitore rifornisce un solo dipartimento di un solo prodotto.

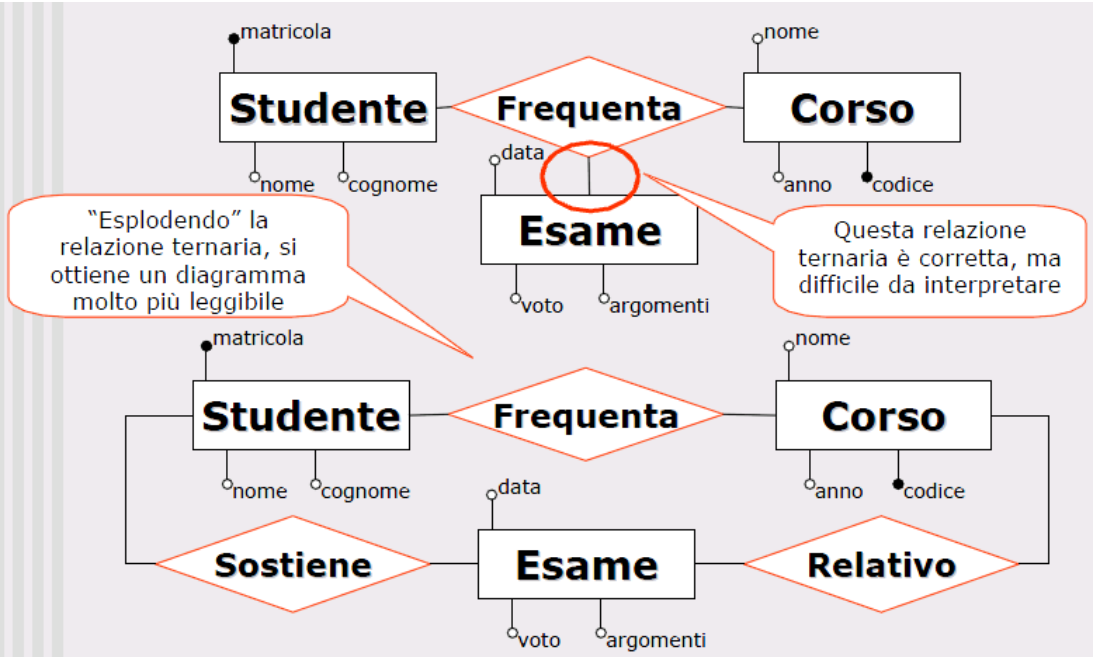
Esempio: relazione ternaria ricavata dal seguente schema

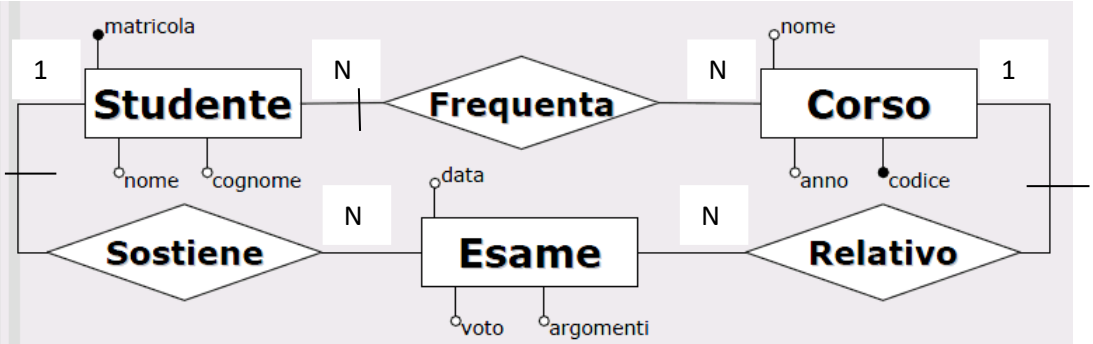


Esempio: relazione ternaria ricavata dal seguente schema


matricola
Studente
nome
cognome
...gli studenti frequentano i corsi...
nome
Corso
anno
codice
matricola
Studente
nome
cognome
Frequenza
nome
Corso
anno
codice

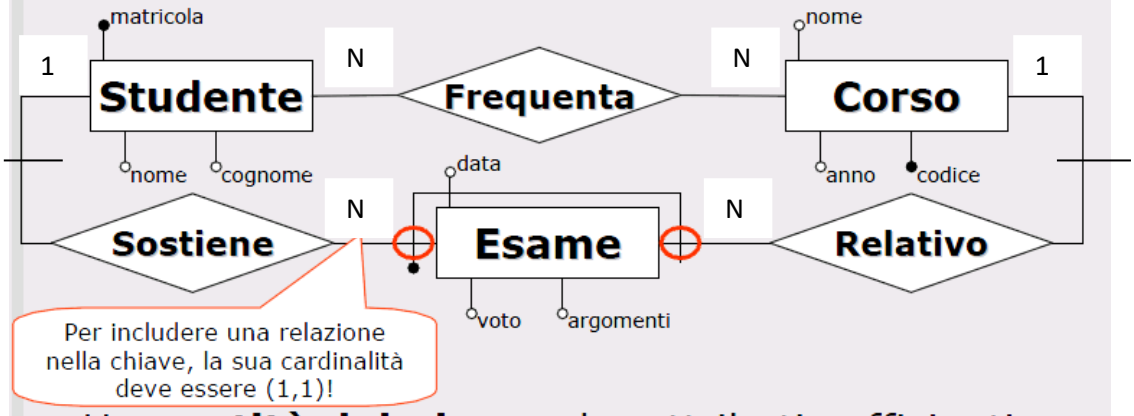

matricola
nome
cognome
assenze
Studente
Frequenta
Corso
nome
anno
codice
Se inseriamo le assenze sullo studente, queste varranno per tutti i suoi corsi!
Se inseriamo le assenze sul corso, queste varranno per tutti gli studenti!
Così le assenze sono quelle di uno studente per un certo corso.


matricola
Studente
Frequenta
nome
Corso
nome
cognome
data
Esame
voto
argomenti
anno
codice
"Esplodendo" la relazione ternaria, si ottiene un diagramma molto più leggibile
Questa relazione ternaria è corretta, ma difficile da interpretare
Sostiene
Relativo



Uno studente può frequentare un numero qualsiasi di corsi e sostenere un numero qualsiasi di esami. Un corso è frequentato da almeno uno studente ed ha associati un numero qualsiasi di esami. Un esame è relativo ad esattamente un corso ed è sostenuto da esattamente uno studente.

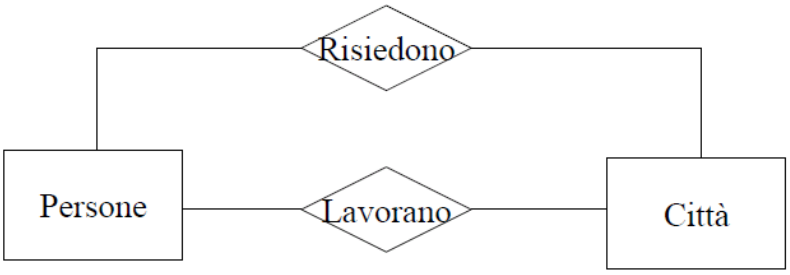
Entità Deboli



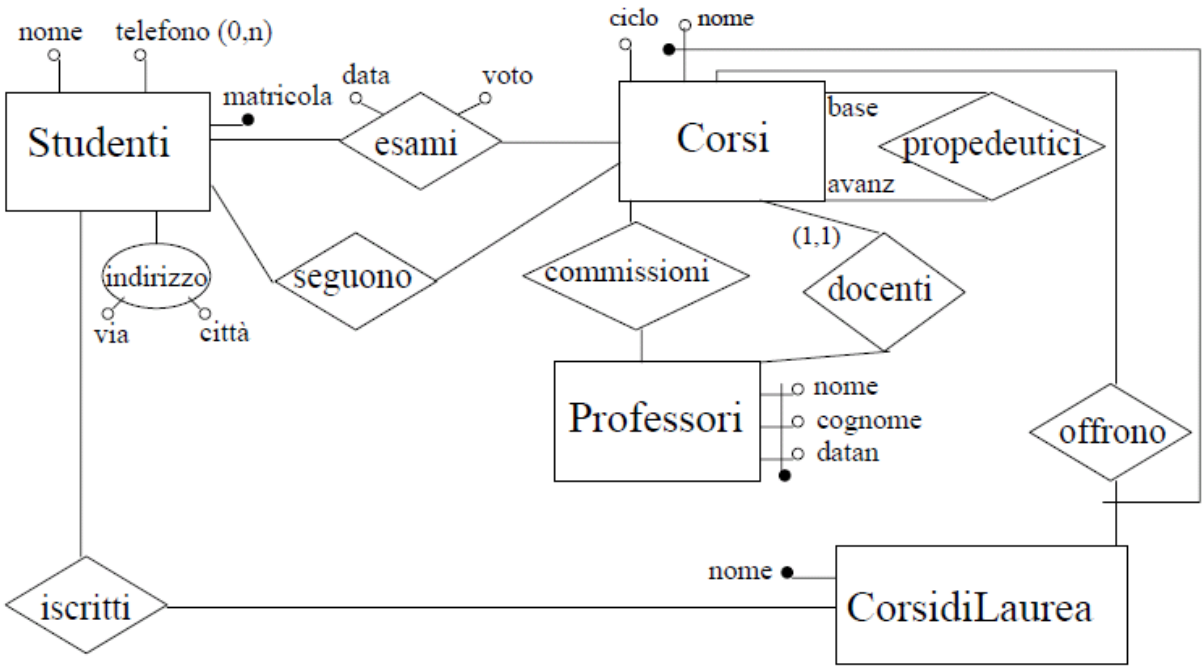
Una **entità debole** non ha attributi sufficienti a formare una chiave, e deve includere nella chiave una o più delle sue associazioni. *Nell'esempio, un esame è univocamente specificato dall'insieme della sua data, del corso di appartenenza e dello studente che lo ha sostenuto.*

Più associazioni tra le stesse entità

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



Un semplice schema E/R (incompleto!)



SPECIALIZZAZIONI/GENERALIZZAZIONI

Talvolta una entità può essere specializzata in una o più sotto-entità. Le sotto-entità **ereditano** dall'entità genitore i suoi attributi e le sue associazioni. Inoltre, le sotto-entità possono definire **nuovi attributi e nuove associazioni** non presenti nell'entità genitore. L'insieme delle istanze di una sotto-entità è un sottoinsieme dell'insieme delle istanze dell'entità genitore. Il concetto di sotto-entità è affine al concetto di sotto-classe nei linguaggi di programmazione orientati agli oggetti. Talvolta, il modello ER esteso con la specializzazione prende il nome di **modello Entità-Relazione esteso** (*Enhanced Entity-Relationship Model*, EER).

La specializzazione mette in associazione una o più entità (entità figlie) E_1, …, E_n con una entità (entità genitore) E di cui E_1, …, E_n risultano essere casi particolari.

Si dice che E è una **generalizzazione** di E_1, …, E_n.

Si dice che E_1, …, E_n sono **specializzazioni** di E_1.

Esempio 1: la specializzazione dell'entità dipendente nelle entità impiegato, funzionario e dirigente (che possono esaurire o meno tutte le tipologie di dipendente).

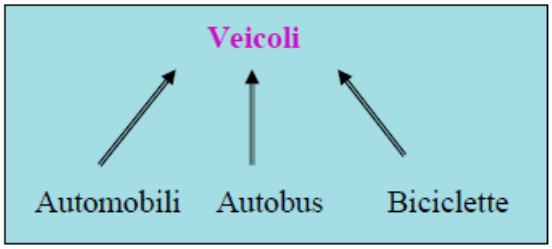
Caso Particolare: generalizzazioni che legano il genitore ad un unico figlio (associazione di sottoinsieme).

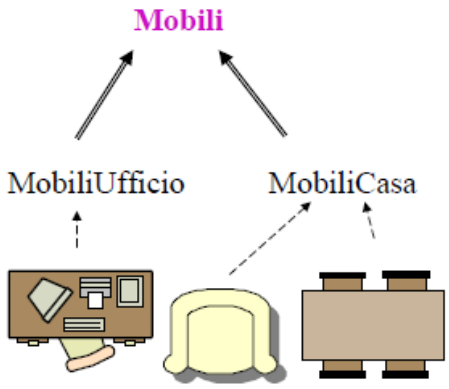
Se E (genitore) è una generalizzazione di E_1, …, E_n (figli):

- Ogni proprietà (attributi, associazioni e altre generalizzazioni) di E è anche una proprietà di E_1, …, E_n, non necessariamente il viceversa. Quindi, tutte le proprietà del genitore vengono ereditate dai figli.
- Ogni istanza di E_1, …, E_n è anche un'istanza di E, non necessariamente il viceversa.

ASTRAZIONE DI GENERALIZZAZIONE/SPECIALIZZAZIONE

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



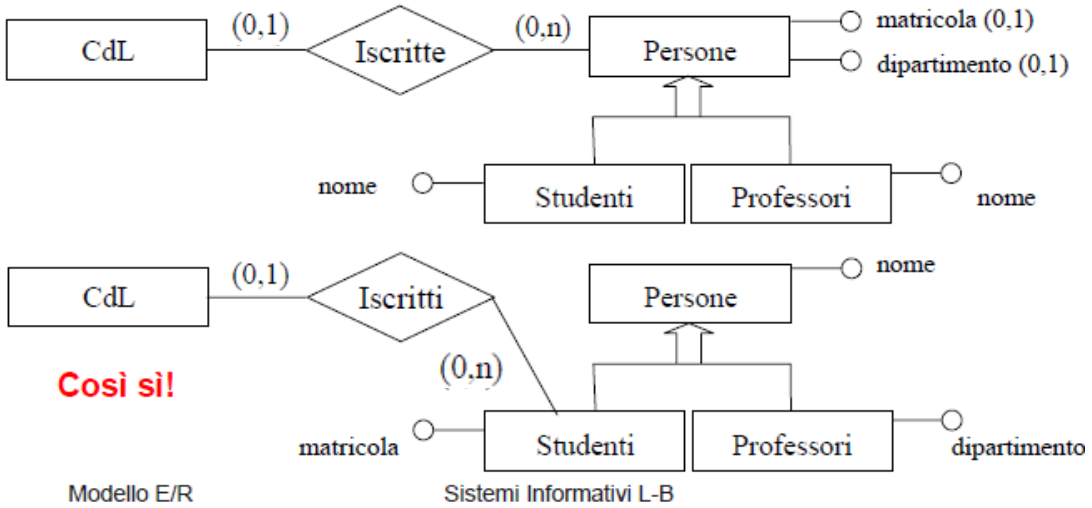


- Le istanze di Automobili sono un sottoinsieme delle istanze di Veicoli, ovvero, ogni automobile è un (is a) veicolo
- Ciò che caratterizza un veicolo caratterizza anche ogni suo sottoinsieme, ovvero ogni sottoclasse eredita dalla superclasse
- … ma può anche avere caratteristiche proprie
- La specializzazione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

Ereditarietà delle proprietà

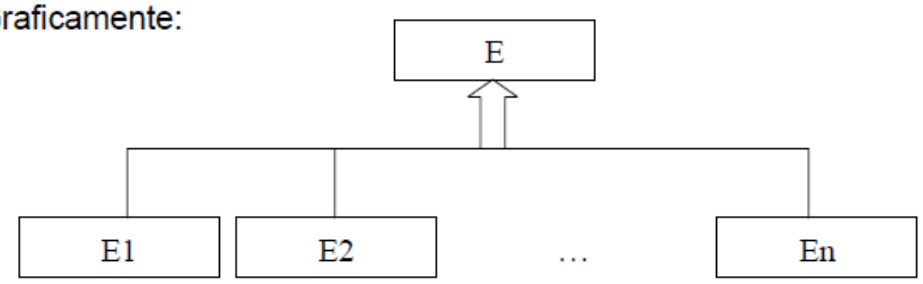
- Gli attributi vanno riferiti all'entità più generica in cui sono presenti obbligatoriamente; analogamente per le associazioni

Quindi così non va bene:



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…

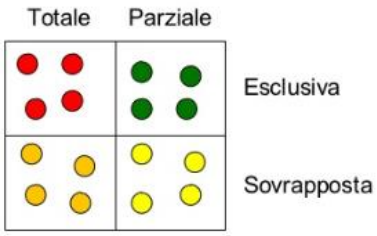
Copertura delle generalizzazioni

- 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)

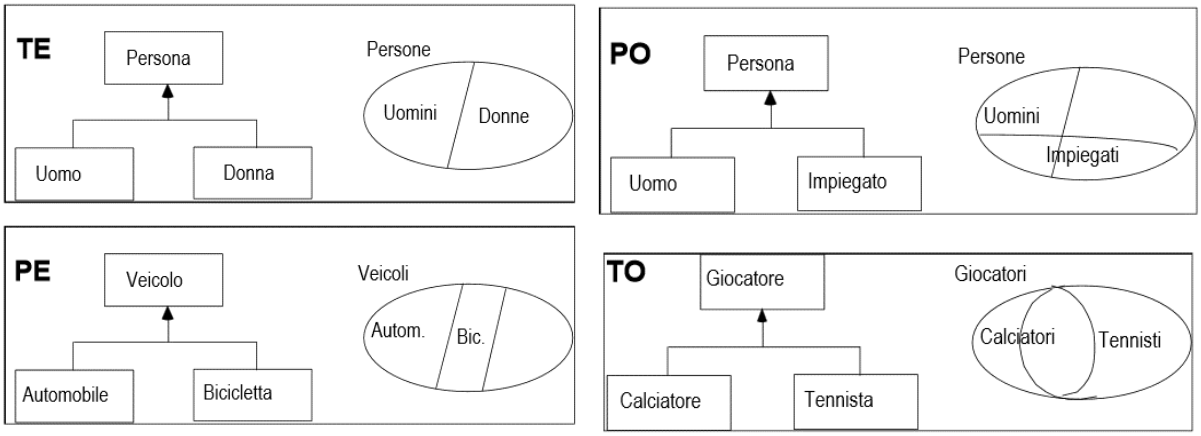
Generalizzazione



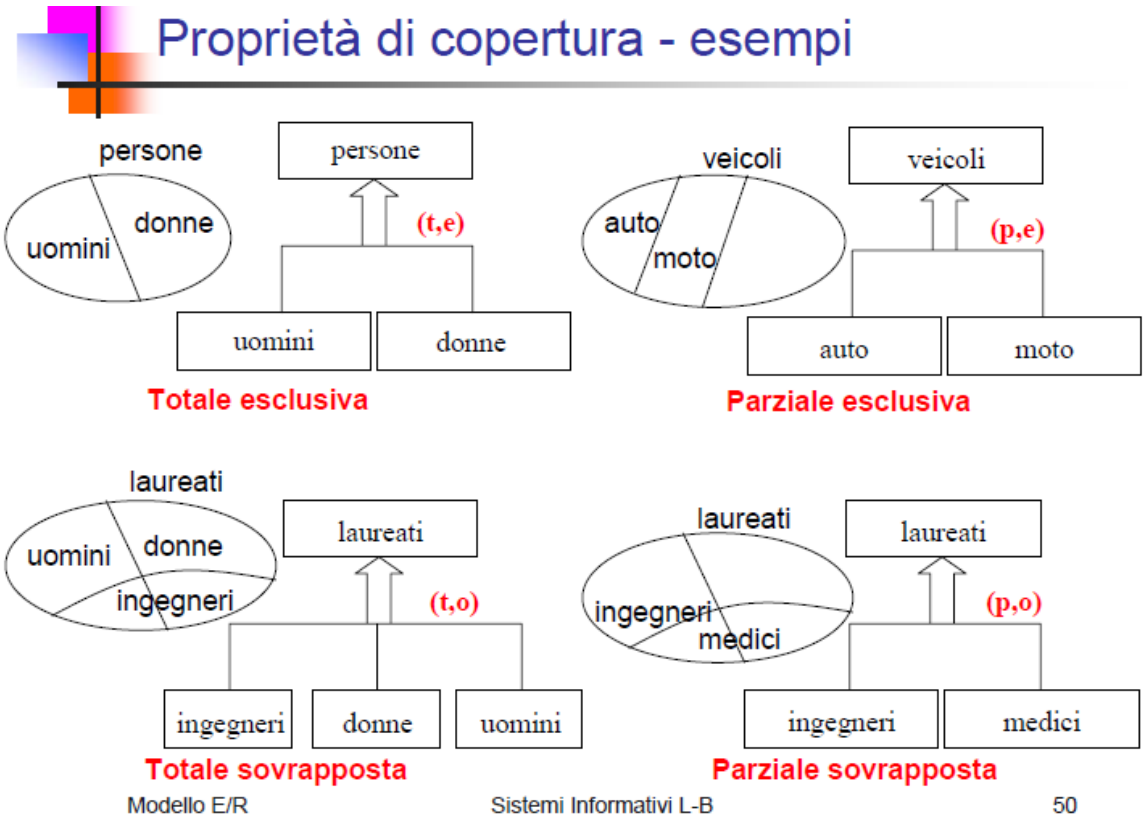
- Classificazione rispetto a due proprietà ortogonali:
  - **Totalità:** una gerarchia di generalizzazione è **totale** se ogni occorrenza dell'entità padre è una occorrenza di almeno una delle entità figlie; altrimenti è **parziale**
  - **Esclusività:** una gerarchia di generalizzazione è **esclusiva** se ogni occorrenza dell'entità padre è al più una occorrenza di una delle entità figlie; altrimenti è **sovrapposta**

===>

- totale-esclusivo TE (default)
- parziale-esclusivo PE
- totale-"overlapping" TO
- parziale-"overlapping" PO

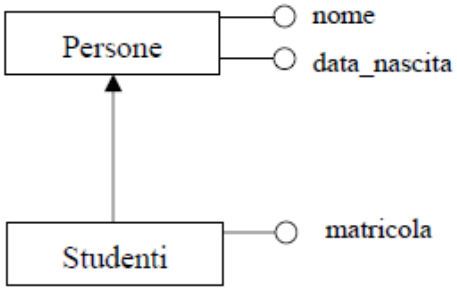


T: → P Giocatore e Tennista

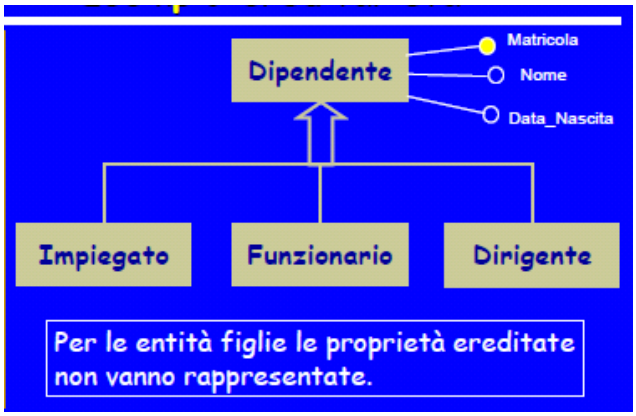


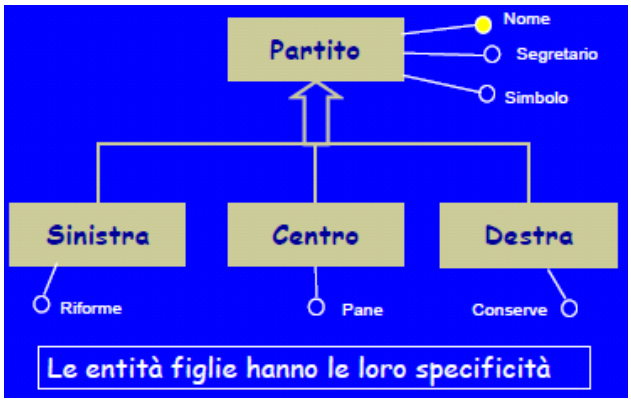
Subset

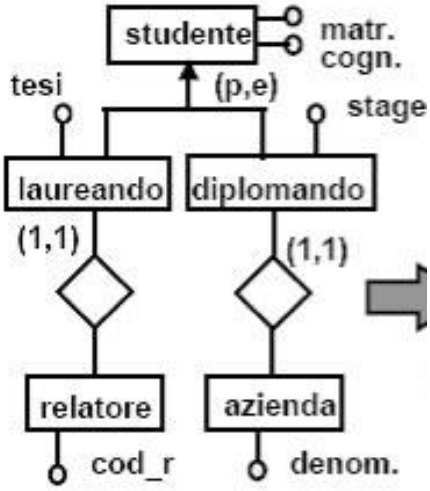
- È un caso particolare di gerarchia in cui si evidenzia una sola classe specializzata
  - Studenti eredita le proprietà di Persone e in più ha la matricola
- Non ha ovviamente senso parlare di tipo di copertura

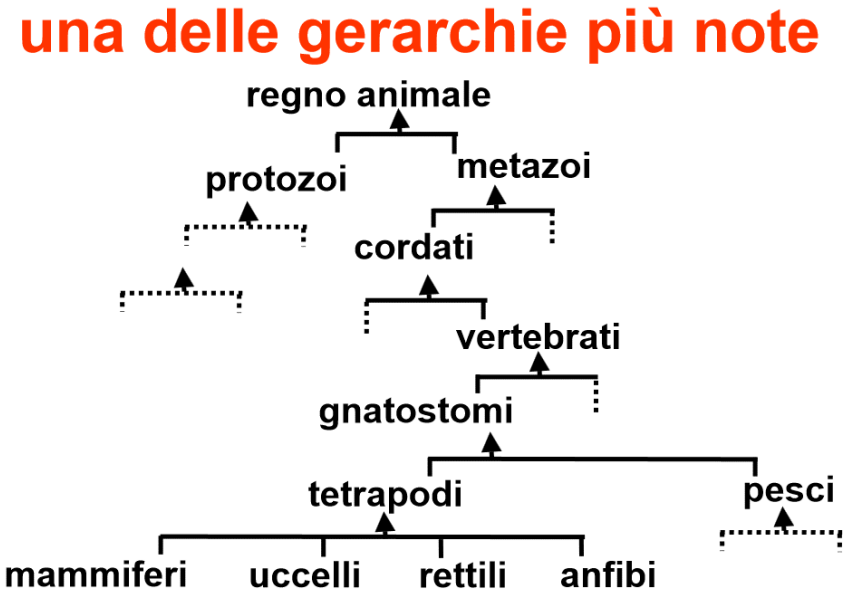


Esempi:









DOCUMENTAZIONE E REGOLE AZIENDALI

E' bene che il diagramma ER sia accompagnato da una **documentazione** che lo descrive in tutte le sue componenti. Tale documentazione è utile in quanto, ad esempio, il significato dei concetti presenti nel diagramma spesso richiede una spiegazione che va oltre il nome del concetto. Inoltre, può accadere che per mantenere la leggibilità del diagramma alcuni costrutti (tipicamente attributi) vengano omessi dal diagramma.

Inoltre, come ogni formalismo, anche il modello concettuale ER ha una espressività limitata. Ne deriva che esistono vincoli della realtà modellata che non possono essere espressi con il modello ER. Ad esempio, non sono codificabili nel modello ER la regola che afferma che un dipendente può partecipare al consiglio di amministrazioni di un teatro solo dopo 10 anni di attività e la regola che

dice che un teatro non può mettere in scena più di due produzioni proprie all'interno della stessa stagione teatrale. Inoltre, il diagramma ER dice quali sono gli attributi calcolati ma non specifica come calcolarli. Il diagramma ER deve quindi essere integrato da un insieme di **regole aziendali** (*business rules*) che lo completano.

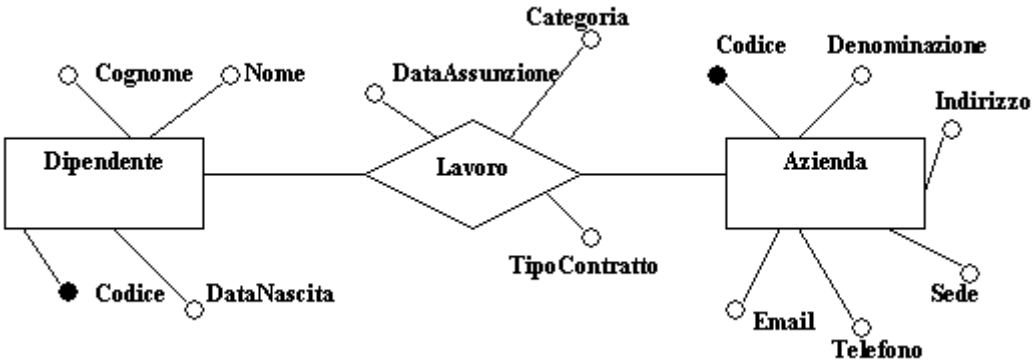
La documentazione del diagramma ER deve contenere:

- per ogni **entità**: il nome, una descrizione, la lista degli attributi, la chiave, il tipo (normale o debole) e eventuali specializzazioni;
- per ogni **relazione**: il nome, una descrizione, le entità partecipanti e le relative cardinalità, gli eventuali attributi e il tipo (normale o identificante);
- per ogni **attributo**: il nome, una descrizione, il tipo (semplice, multivalore, composto, calcolato) e il fatto che sia obbligatorio o opzionale;
- le **regole aziendali**.

La documentazione può essere scomposta in due parti:

- un **dizionario** dei dati che contiene le informazioni relative ai tipi di entità, attributi e associazioni
- un insieme di **regole o vincoli di integrità sui dati**

Ad esempio nel problema "<u>La regione X intende progettare un database per effettuare delle indagini statistiche sui lavori svolti dai dipendenti in più azende e nei diversi anni</u>"



Lo schema ER deve seguire le seguenti **regole**:

R1. Le aziende possono avere sede solo nella regione X

R2. I dipendenti possono solo essere *impiegati*, *quadri*, *dirigenti* oppure *operai*

R3. ...

Dizionario di dati

Nome dell'elemento	Elemento dello schema ER	Descrizione
Dipendente	Tipo di entità	Lavoratore a tempo indeterminato, determinato o apprendista
Azienda	Tipo di entità	Impresa pubblica o privata
Lavoro	Associazione	Esistenza di un contratto di lavoro tra un lavoratore e un'azienda
.....	Attributo	.....
.....	.....	.....