Progettazione di basi di dati

Preliminari

- Progettare una base di dati: definirne il contenuto e la struttura che esso deve avere
- metodologie di progettazione: le basi di dati sono sempre più complesse e sofisticate $\Rightarrow$ è necessario un approccio sistematico
- obbiettivo della progettazione è produrre i seguenti risultati:
  - uno schema dei dati
  - un insieme di sottoschemi di applicazione
  - un insieme di (specifiche di) programmi applicativi

Preliminari

- Fasi della progettazione:
  - raccolta ed analisi dei requisiti
  - progettazione concettuale
  - progettazione logica
  - progettazione fisica
- ogni fase si basa su un **modello**, che permette di generare una rappresentazione formale della base di dati ad un dato livello di astrazione
- utilizzo di modello appropriato permette di
  - verificare le caratteristiche della base di dati
  - comunicare con i futuri utenti della base di dati

Fasi della progettazione

Raccolta ed analisi dei requisiti

- è la fase in cui si raccolgono le specifiche informali ed eterogenee che i vari utenti danno delle procedure da automatizzare mediante un DBMS
- requisiti informativi: caratteristiche dei dati
- requisiti sui processi: operazioni sui dati
- requisiti sui vincoli di integrità: proprietà dei dati e delle operazioni
- disambiguazione delle specifiche dell'utente

Fasi della progettazione

Progettazione concettuale

- a partire dai requisiti informativi viene creato uno *schema concettuale*, cioè una descrizione formalizzata e integrata delle esigenze aziendali, espressa in modo indipendente dal DBMS adottato
- *modello concettuale*: descrizione ad alto livello indipendente dall'implementazione
- prima rappresentazione formale e del tutto indipendente dall'implementazione della base di dati
  (indipendente anche dal *tipo* di DBMS che sarà utilizzato - relazionale, object-relational, gerarchico, …)

Fasi della progettazione

Progettazione logica

- traduzione dello schema concettuale nel modello dei dati del DBMS
- risultato: *schema logico* nel DDL del DBMS
- aspetti considerati durante la progettazione logica:
  - integrità e consistenza
  - sicurezza
  - efficienza
- sottofasi:
  - ristrutturazione dello schema concettuale
  - traduzione canonica
  - valutazione ed eventuale modifica dello schema

Fasi della progettazione

Progettazione fisica

- in questa fase vengono scelte le caratteristiche fisiche di realizzazione della base di date
- risultato: *schema fisico* che descrive le strutture di memorizzazione e accesso ai dati

  (es. clustering, indici, …)

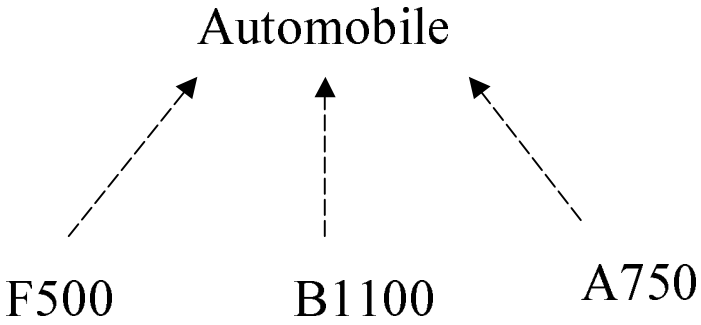
Modelli concettuali

- Concetto di astrazione: procedimento mentale che si adotta quando si concentra l'attenzione su alcune caratteristiche di un insieme di entità, trascurando le altre giudicate non rilevanti
- quattro tipi:
  - astrazione di classificazione
  - astrazione di aggregazione
  - astrazione di generalizzazione
  - astrazione di associazione

Modelli concettuali

Astrazione di classificazione

- definizione di una classe a partire da un insieme di oggetti aventi proprietà comuni



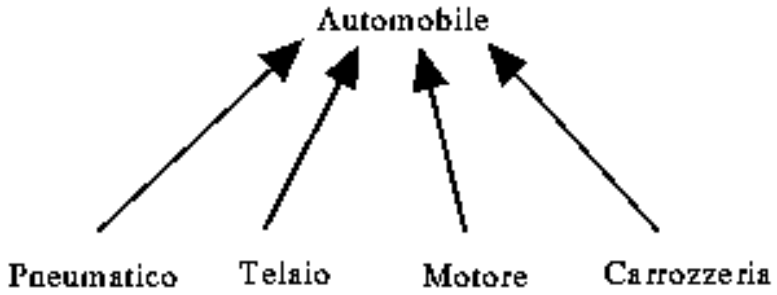
- F500 è un' istanza della classe Automobile

- relazione di *instance_of*

Modelli concettuali

Astrazione di aggregazione

- definizione di una classe a partire da un insieme di classi che costituiscono le sue componenti



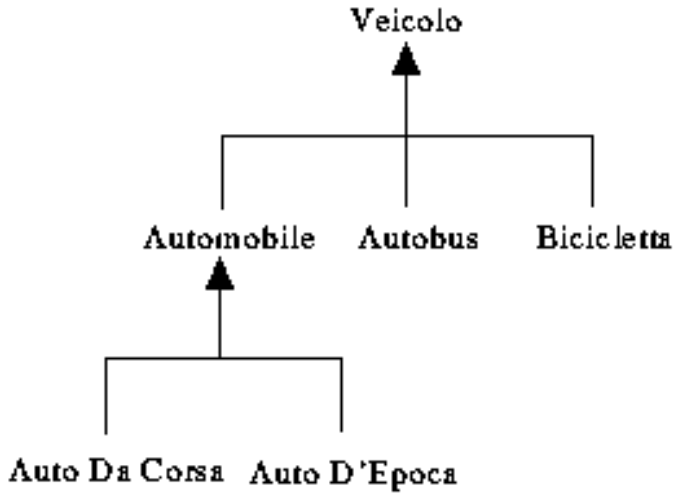
- il telaio è una parte dell'automobile

- relazione di *part_of*

Modelli concettuali

Astrazione di generalizzazione

- definizione di una classe (superclasse) a partire da un insieme di classi aventi proprietà comuni (sottoclassi)



Modelli concettuali

Astrazione di generalizzazione

- le istanze di Automobile sono un sottoinsieme delle istanze di Veicolo
- equivalentemente, ogni automobile è un veicolo
- relazione di *subset_of* o *is_a*

- si noti che le sottoclassi possono possedere caratteristiche proprie

Modelli concettuali

Astrazione di associazione

- definizione di un collegamento fra due o più classi

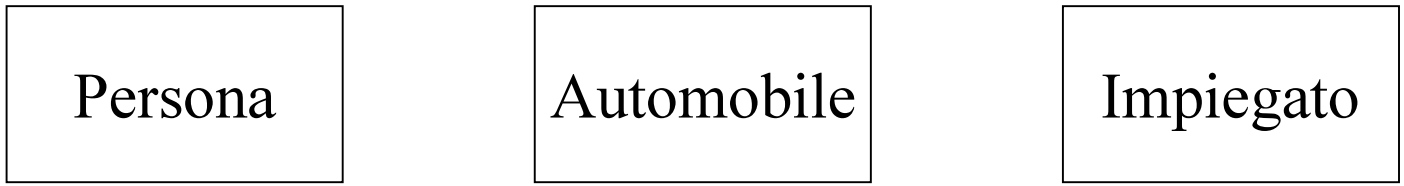
- le associazioni possono avere proprietà
- esempio: data (in cui si è presa la residenza) può essere una proprietà dell'associazione Risiede

Modello Entity-Relationship

- Uno dei modelli più utilizzati nell'ambito della progettazione concettuale
- ha rappresentazione grafica: diagramma ER
- concetti fondamentali:
  - entità (istanze di entità)
  - associazioni (istanze di associazione)
  - attributi

Modello Entity-Relationship

- **Entità**: insieme di oggetti della realtà che possiedono caratteristiche comuni (es. persone, automobili, …)
- **Istanze di entità**: oggetti appartenenti a una certa entità (es. io, la mia auto, …)
- graficamente:



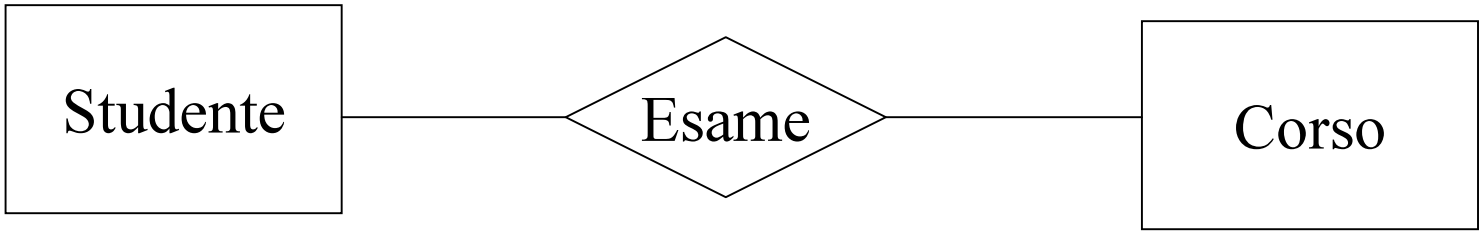
Modello Entity-Relationship

- **Associazione**: legame logico tra entità
- **Istanze di associazione**: combinazione delle istanze delle entità che prendono parte ad una associazione
- graficamente:

- p istanza di Persona, c istanza di Città
- (p, c) istanza di Risiede

Modello Entity-Relationship

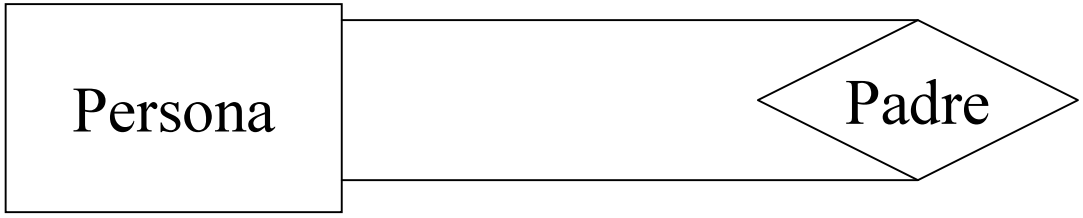
- si noti che l'insieme delle istanze di un'associazione è un sottoinsieme del prodotto Cartesiano degli insiemi delle istanze di entità che partecipano all'associazione
- quindi le stesse istanze di entità non possono partecipare più volte alla stessa associazione
- esempio



uno studente s può sostenere un'unica volta l'esame del corso c, perché (s,c) può comparire un'unica volta nell'insieme delle istanze di Esame

Modello Entity-Relationship

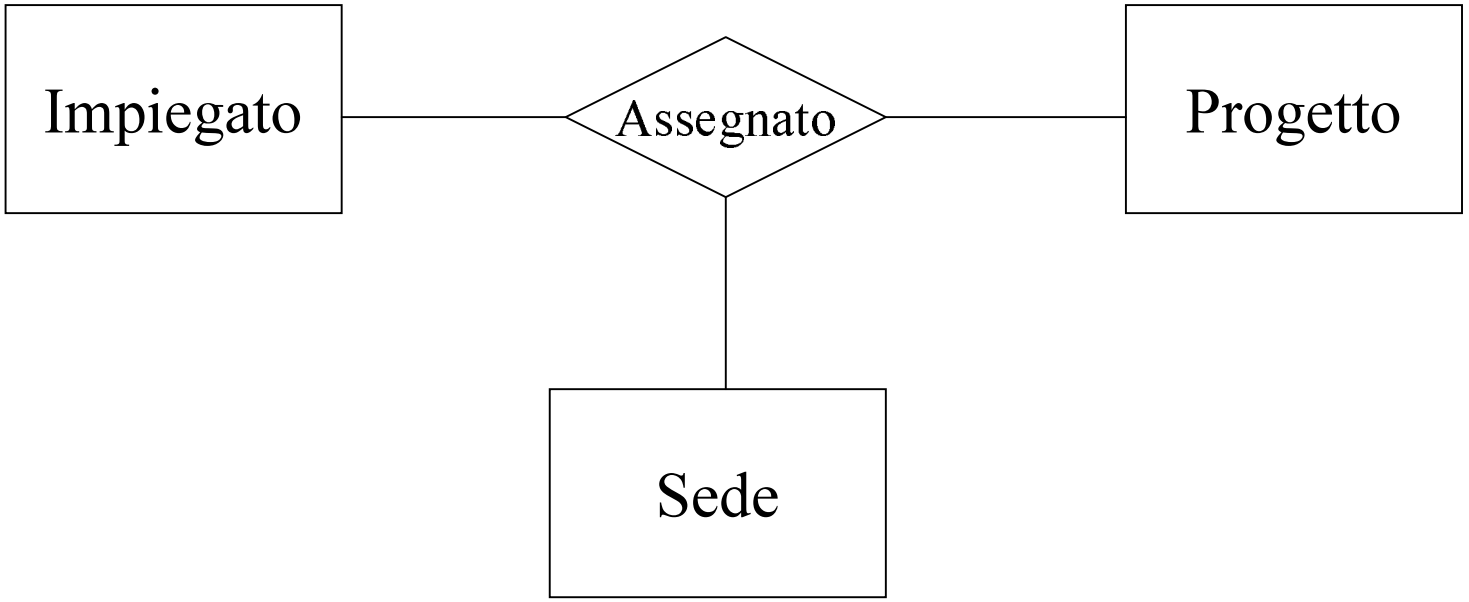
- **Grado**: numero di classi che partecipano ad un'associazione
- associazione unaria: grado 1



- associazione binaria: grado 2

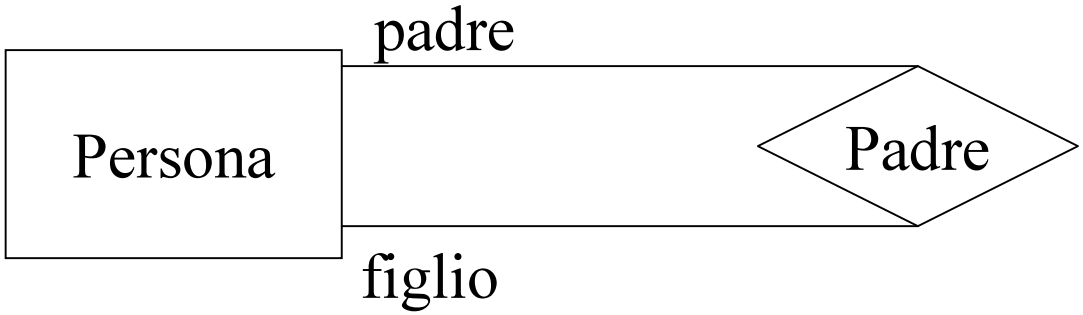
Modello Entity-Relationship

- associazione n-aria: grado n > 2



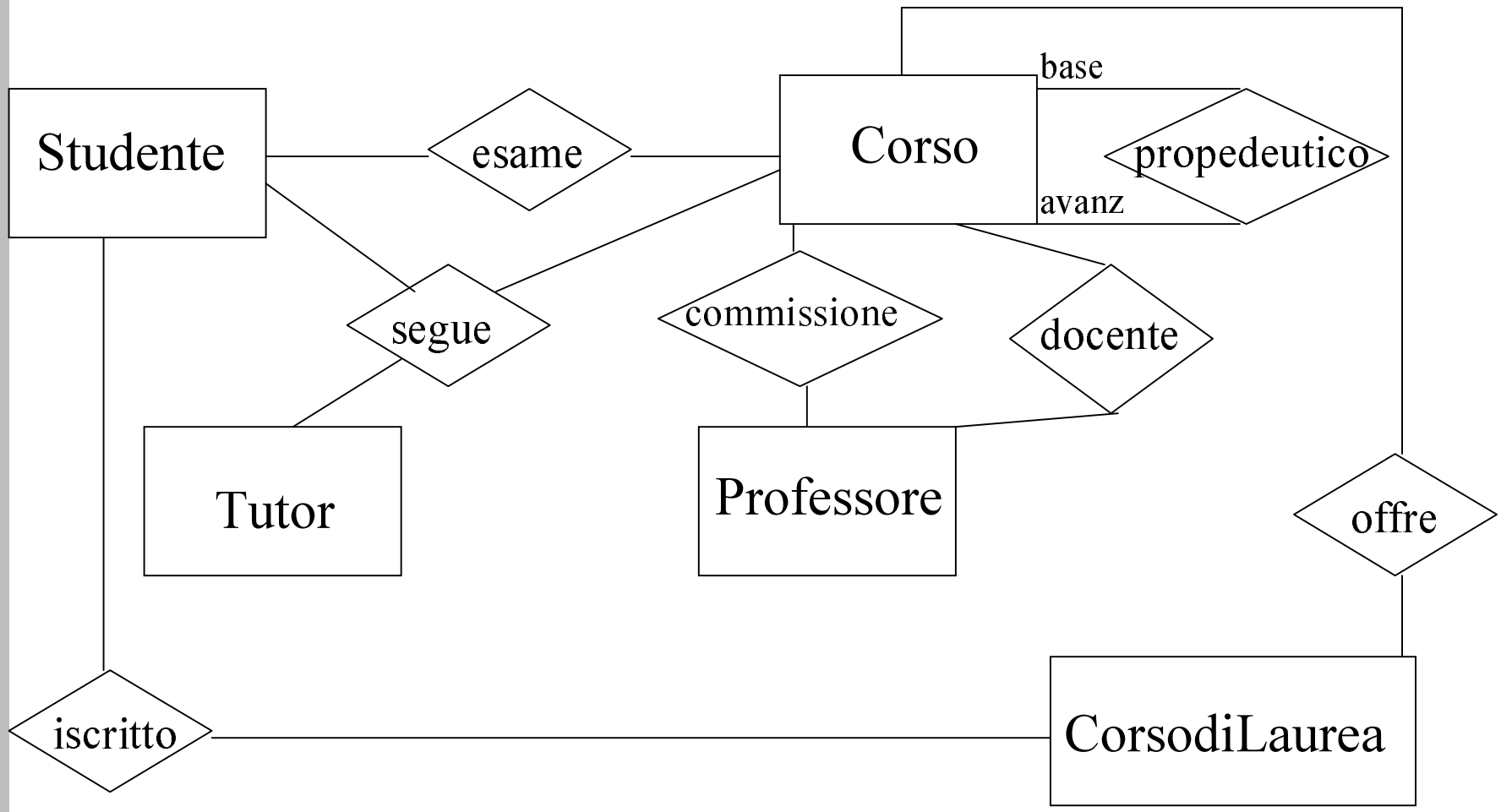
Modello Entity-Relationship

- **Ruolo**: funzione che un'istanza di entità esercita nell'ambito di un'associazione



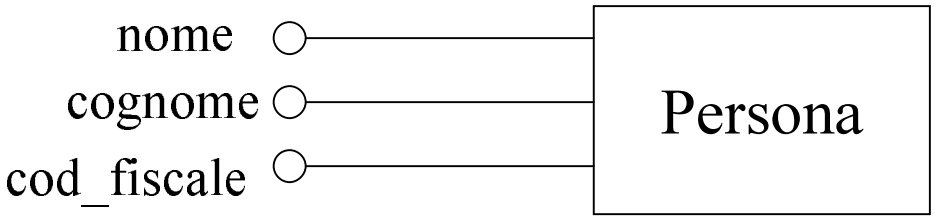
- nel caso di associazione unaria il ruolo è obbligatorio

Modello Entity-Relationship



Modello Entity-Relationship

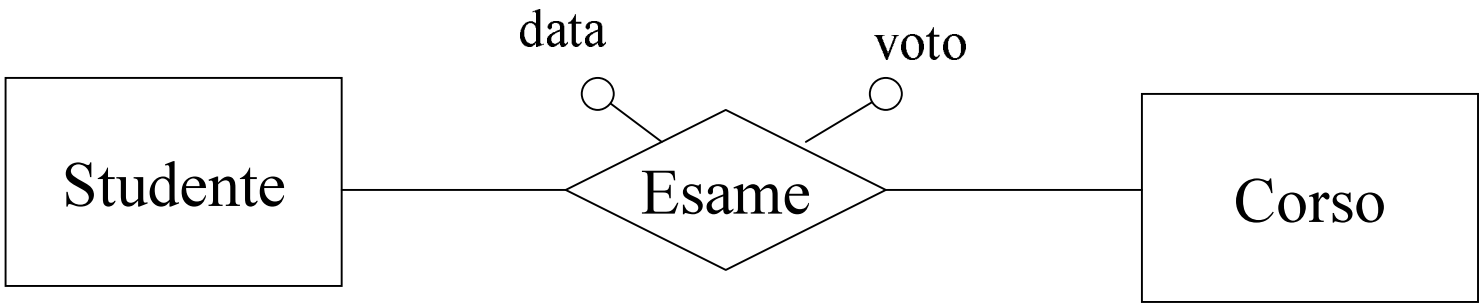
- **Attributo**: proprietà elementare posseduta da un'entità o da un'associazione
- graficamente:



- nome, cognome, cod_fiscale sono attributi di Persona

Modello Entity-Relationship

- anche le associazioni possono avere attributi
- esempio:



data e voto non sono proprietà né di uno Studente né di un Corso, ma del legame Studente-Corso che si crea in occasione di un esame

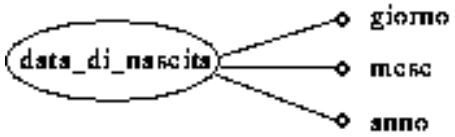
- gli attributi possono essere visti come funzioni che associano un valore ad un'istanza di entità o associazione

Modello Entity-Relationship

- **Dominio di un attributo:** insieme dei valori legali per l'attributo
- domini possibili:
  - interi, reali, booleani, caratteri
  - intervalli di interi e di caratteri
  - stringhe di caratteri
  - domini definiti dall'utente
- notazione:
  - v_i, v_j intervallo compreso fra v_i e v_j
  - (v_i, ... v_j) insieme di valori possibili v_i, ..., v_j

Modello Entity-Relationship

- **Attributo composito:** possiede dei sottoattributi
- es. data_nascita con sottoattributi giorno, mese, anno



- i domini si possono distinguere in:
  - semplici: domini degli attributi non compositi
  - compositi: domini degli attributi compositi ovvero prodotto Cartesiano degli insiemi di valori associati ai domini componenti

    se $D = D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$ allora $< d_1, ..., d_n >$ t.c. $d_i \in D_i$ è valore possibile

Modello Entity-Relationship

- Esempio: si consideri l'entità Persona, i cui attributi e relativi domini sono:

  nome: stringa(20)

  cognome: stringa(20)

  cod_fiscale: stringa(16)

  data_di_nascita: giorno $\times$ mese $\times$ anno

  titolo_di_studio: stringa(50)

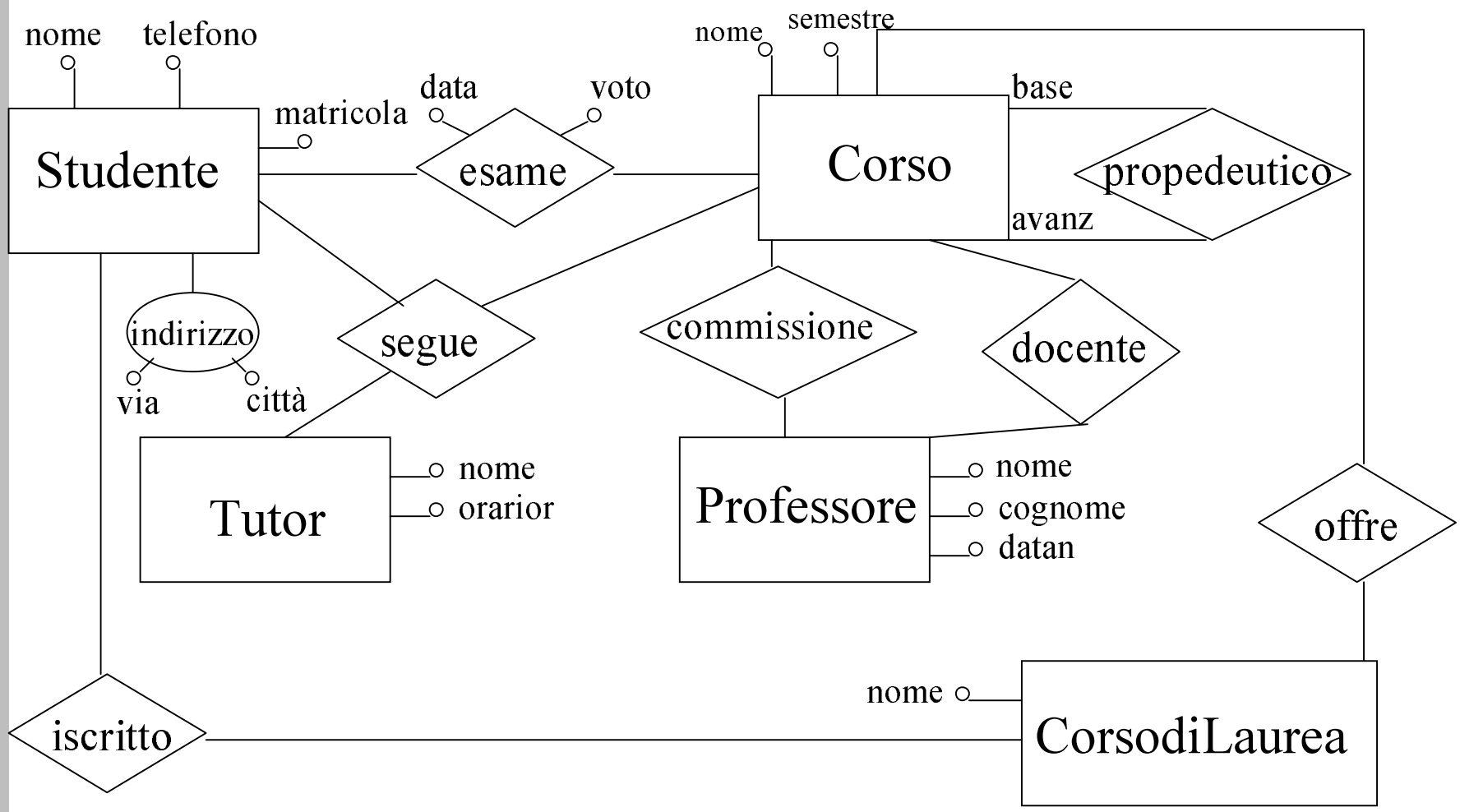
  dove i domini giorno, mese, ed anno sono:

  giorno = 1, ..., 31

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

  anno = 1900, ..., 2100

Modello Entity-Relationship



Modello Entity-Relationship

Vincoli di integrità

- **impliciti**: automaticamente verificati dal sistema

  ogni occorrenza di una base di dati relativa ad uno schema ER li deve verificare
- **espliciti**: definiti esplicitamente da chi progetta lo schema ER
  - vincoli di cardinalità (per associazioni e attributi)
  - vincoli di identificazione
- anche i domini degli attributi sono dei vincoli di integrità

Modello Entity-Relationship

Vincoli impliciti:

- ogni istanza di associazione deve riferirsi ad istanze di entità presenti nell'occorrenza della base di dati
- istanze diverse della stessa associazione devono riferirsi a differenti combinazioni di istanze delle entità partecipanti all'associazione

Modello Entity-Relationship

Vincoli espliciti di cardinalità - associazioni

- numero minimo e massimo di istanze dell'associazione a cui un'istanza dell'entità può partecipare
- valori più comuni:
  - cardinalità minima (c_min): 0, 1
  - cardinalità massima (c_max): n, ovvero qualunque intero > 1
- data un'entità E e un'associazione A:
  - c_min=0 $\Rightarrow$ esistono istanze di E che non partecipano ad alcuna istanza di A
  - c_min=1 $\Rightarrow$ ogni istanza di E partecipa almeno ad una istanza di A

Modello Entity-Relationship

- data un'entità E e un'associazione A:
  - c_max=1 $\Rightarrow$ ogni istanza di E può partecipare al più ad una istanza di A
  - c_max=n $\Rightarrow$ non esiste limite al numero massimo di istanze di A a cui ogni istanza di E può partecipare
  - c_max=c_min=1 $\Rightarrow$ ogni istanza di E partecipa ad una ed una sola istanza di A
  - c_min=0, c_max=n $\Rightarrow$ ogni istanza di E può partecipare ad un numero qualsiasi di istanze di A
- nei diagrammi si può indicare la coppia (c_min,c_max) sulla linea che congiunge E ad A
- se non si indica niente il valore di default è (0,n)

Modello Entity-Relationship

- esempio

  - c_min di Automobile rispetto a Proprietario è 0: esistono automobili non possedute da alcuna persona
  - c_min di Persona rispetto a Proprietario è 0: esistono persone che non posseggono alcuna automobile
  - c_max di Persona rispetto a Proprietario è n: ogni persona può essere proprietaria di un numero arbitrario di automobili
  - c_max di Automobile rispetto a Proprietario è 1: ogni automobile può avere al più un proprietario

Modello Entity-Relationship

- Terminologia: nel caso di un'associazione binaria A tra due entità E_1 ed E_2 (o unaria con $E_1 = E_2$)
  - A si dice associazione **uno a uno** se c_max di E_1 ed E_2 rispetto ad A è 1
  - A si dice associazione **uno a molti** se c_max di E_1 rispetto ad A è n e c_max di E_2 rispetto ad A è 1
  - A si dice associazione **molti a uno** se c_max di E_1 rispetto ad A è 1 e c_max di E_2 rispetto ad A è n
  - A si dice associazione **molti a molti** se c_max di E_1 ed E_2 rispetto ad A è n
- inoltre un'associazione è detta **opzionale** se c_min è 0, è detta **obbligatoria** se c_min è 1

Modello Entity-Relationship

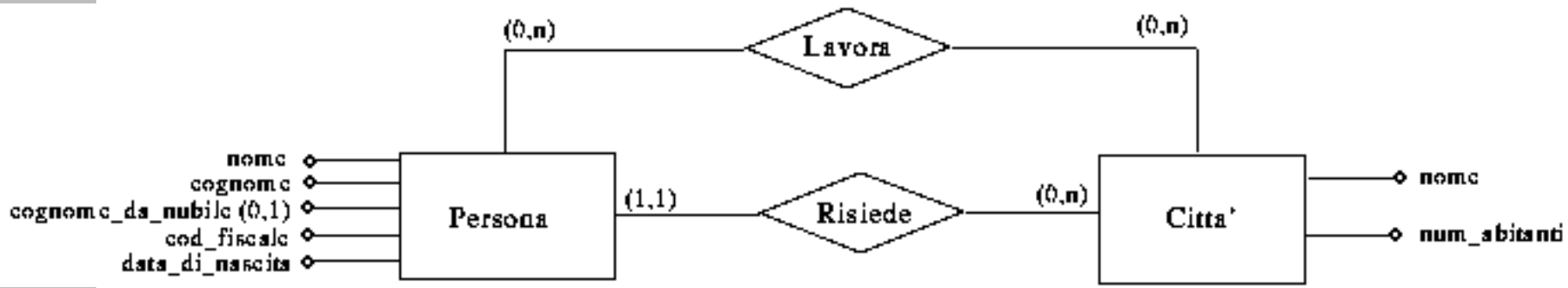
Vincoli espliciti di cardinalità - attributi

- numero minimo e massimo di valori dell'attributo che possono essere associati ad un'istanza della corrispondente associazione od entità
- nei diagrammi si può indicare la coppia (c_min,c_max) sulla linea che congiunge l'attributo all'associazione/ entità
- se non si indica niente il valore di default è (1,1)

Modello Entity-Relationship

- Si parla di attributi:
  - **opzionali**: se la cardinalità minima è 0 (es. cognome_da_nubile)
  - **monovalore**: se la cardinalità massima è 1 (es. cod_fiscale)
  - **multivalore**: se la cardinalità massima è n (es. telefono)

- esempio di diagramma con vincoli di cardinalità



Modello Entity-Relationship

Vincoli espliciti di identificazione

- identificatori o chiavi: insieme di attributi che identificano univocamente le istanze dell'entità
- devono essere minimali: qualsiasi sottoinsieme proprio non è un identificatore
- si noti che gli identificatori hanno senso solo per le entità e non per le associazioni
- nell'insieme di istanze di un'associazione si hanno tutte tuple distinte $\Rightarrow$ non c'è bisogno di identificatori

Modello Entity-Relationship

- a volte non è possibile identificare un'istanza di entità solo sulla base dei suoi attributi, cioè due istanze diverse possono coincidere su tutti gli attributi
- si utilizza allora il fatto che tale istanza partecipi ad una particolare istanza di associazione con una data istanza di un'altra entità
- l'entità viene detta **debole**

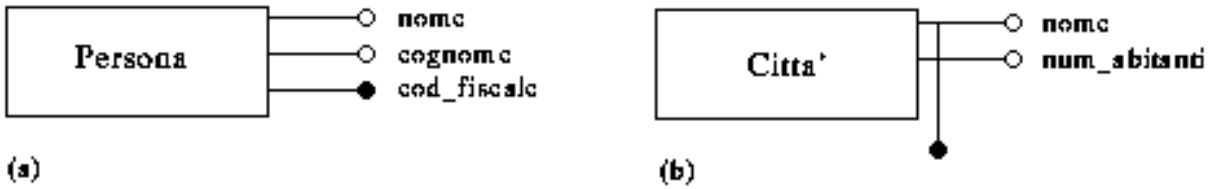
Modello Entity-Relationship

- identificatori o chiavi:
  - interni: uno o più attributi dell'entità
  - esterni: uno o più associazioni collegate all'entità a cui si riferiscono

    (identificazione esterna **da** tale entità **attraverso** tale associazione)
  - misti: attributi o associazioni

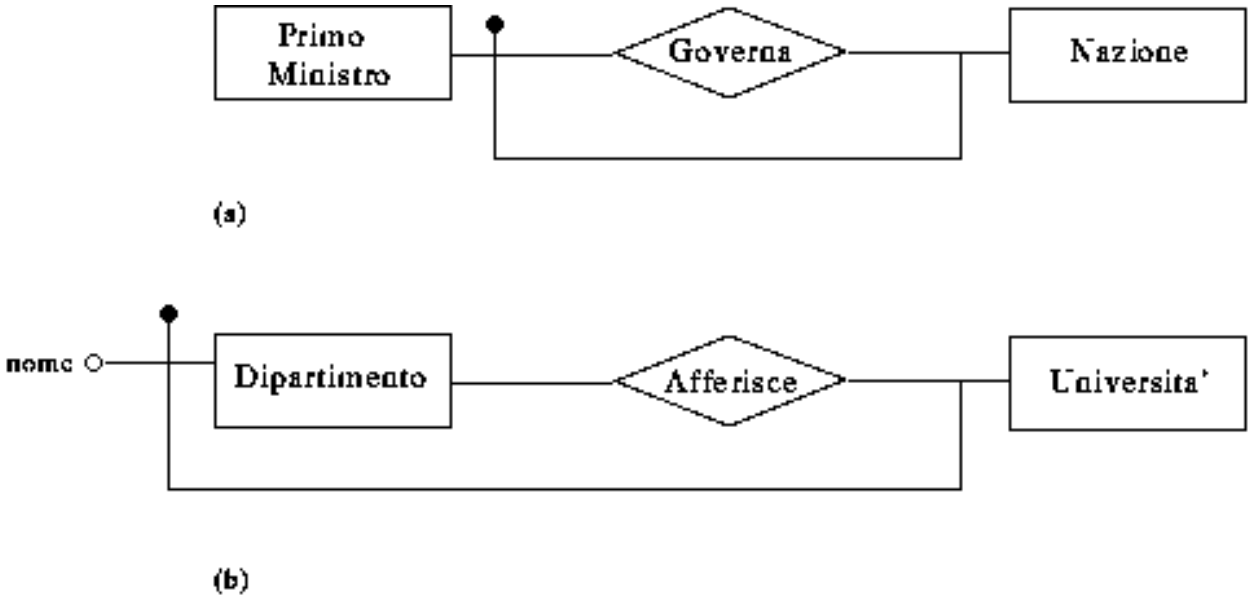
  - semplici: un elemento
  - compositi: più di un elemento

Modello Entity-Relationship



- (a) identificatore interno semplice
- (b) identificatore interno composito

Modello Entity-Relationship

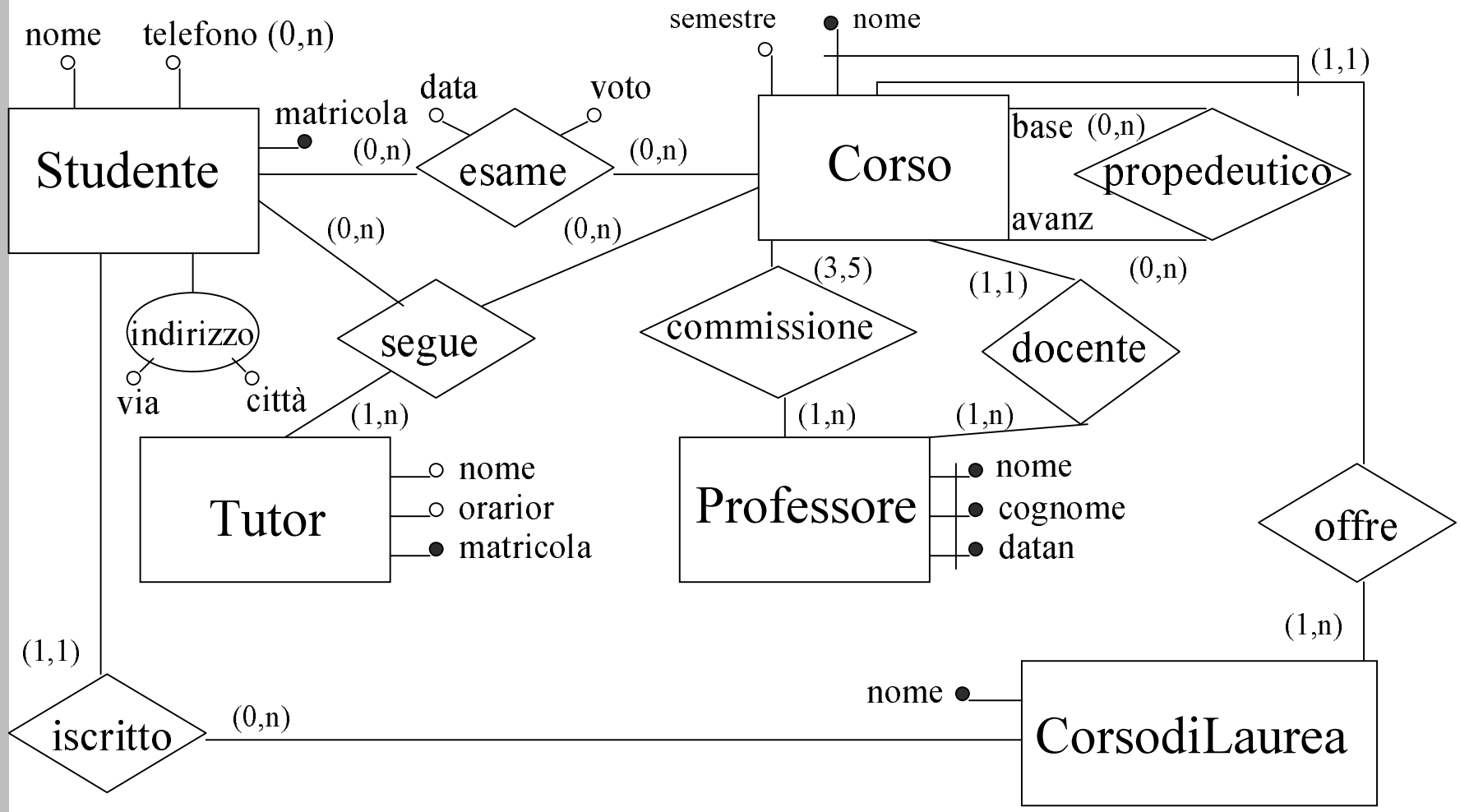


- (a) identificatore esterno
- (b) identificatore misto

Modello Entity-Relationship

- le entità deboli hanno sempre cardinalità (1,1) rispetto all'associazione attraverso cui avviene l'identificazione
  - nel caso di identificazione esterna l'associazione sarà uno a uno
  - nel caso di identificazione mista l'associazione sarà uno a molti
- a volte viene evidenziato graficamente che un'entità è debole evidenziando il rispettivo rettangolo con una doppia linea
- è possibile che un'entità abbia più chiavi, a livello concettuale va bene indicarle tutte, nel passaggio allo schema logico bisognerà sceglierne una

Modello Entity-Relationship



Modello Entity-Relationship

- Costrutti di base:

  entità, associazione, attributo

- costrutto ulteriore

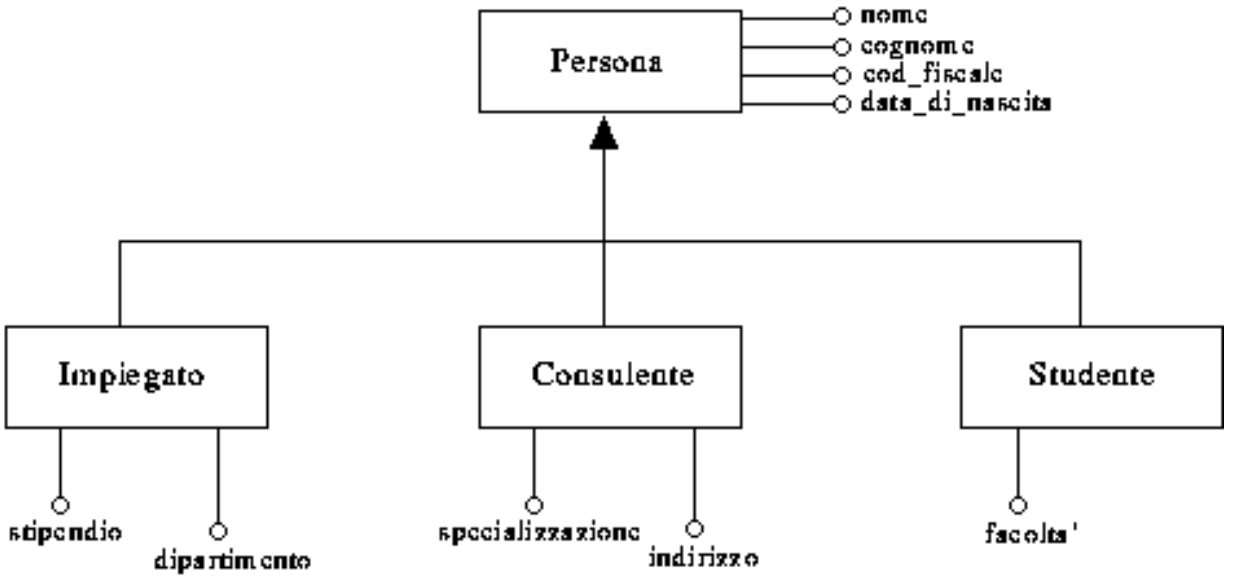
  (non presente nella proposta originaria [Chen 1976])

  gerarchie di generalizzazione

- una entità E è una generalizzazione delle entità E_1, …, E_n se ogni istanza delle entità E_1, …, E_n è anche un'istanza di E
  - E entità padre
  - E_1, …, E_n entità figlie

Modello Entity-Relationship

- Esempio



Modello Entity-Relationship

- Vincoli impliciti
- se una entità E_1 è definita come generalizzazione di una entità E_2:
  - l'insieme delle istanze di E_2 deve essere contenuto in quello delle istanze di E_1
  - ogni attributo di E_1 è anche un attributo di E_2
  - ad ogni associazione cui partecipa E_1 partecipa anche E_2

Modello Entity-Relationship

- ogni generalizzazione può essere:
  - **totale**: ogni istanza di E è istanza di almeno un'entità E_i

    es.: Persona - Uomo, Donna
  - **parziale**: esiste almeno un'istanza di E che non è istanza di alcuna entità E_i

    es.: Persona - Studente, Impiegato

Modello Entity-Relationship

- ogni generalizzazione può essere inoltre
  - **esclusiva**: ogni istanza di E è istanza di al più un'entità E_i

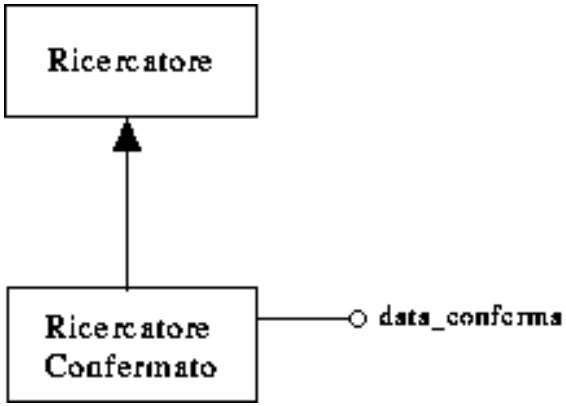
    es.: Persona - Uomo, Donna
  - **condivisa**: esiste almeno un'istanza di E che è istanza di più di un'entità E_i

    es.: Persona - Studente, Impiegato

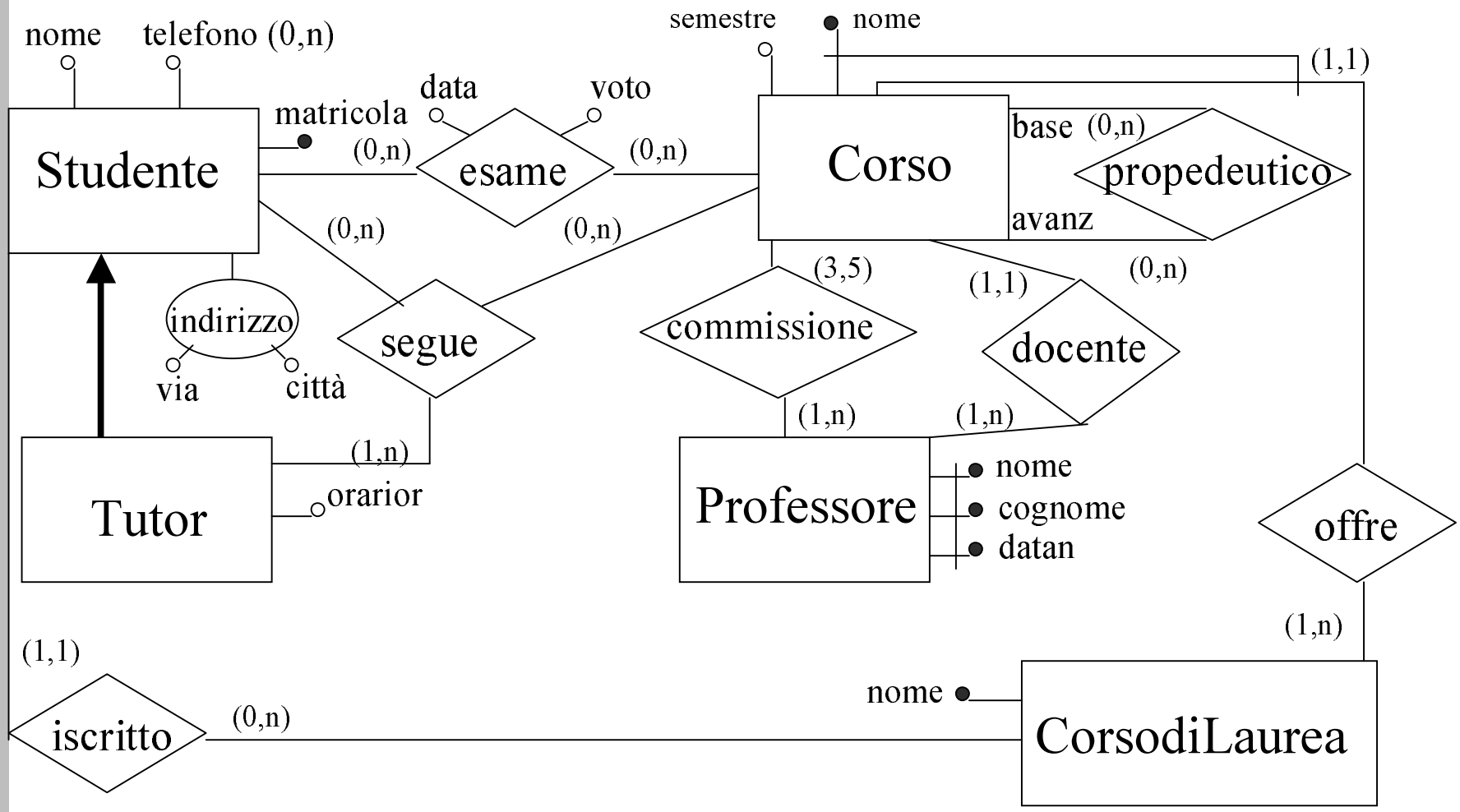
- tali caratteristiche possono essere indicate come vincoli espliciti della gerarchia di generalizzazione

Modello Entity-Relationship

- Caso particolare di generalizzazione (parziale ed esclusiva): relazione di sottoinsieme
- definire una relazione di sottoinsieme tra una entità E_1 ed una entità E_2 significa specificare che ogni istanza di E_1 è anche istanza di E_2
- esempio



Modello Entity-Relationship

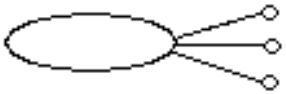
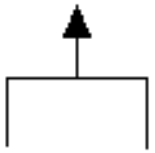


Modello Entity-Relationship

Riassumendo:

- Astrazione di classificazione: entità, associazioni, attributi
- Astrazione di aggregazione:
  - entità come aggregazione di attributi
  - associazione come aggregazione di attributi ed entità
  - attributo composito come aggregazione di sottoattributi
- Astrazione di generalizzazione: gerarchie di generalizzazione tra entità, associazioni e attributi
- Astrazione di associazione: associazione

Modello Entity-Relationship

Componente	Simbolo
Entita'	
Relazione	
Attributo	
Attributo composito	
Gerarchia di generalizzazione	
Relazione di sottoinsieme	
Identificatore	
Vincolo di cardinalita'	(c_min,c_max)

Modello Entity-Relationship

- uno schema ER non è sufficiente, da solo, a rappresentare tutti gli aspetti di un'applicazione
- cosa manca?
  - i nomi dei vari concetti possono non essere sufficienti per comprenderne il significato
  - non tutti i vincoli di integrità sono esprimibili in un diagramma ER - esempi:
    - ogni studente ha al più un tutor per ogni corso
    - uno studente non può essere tutor di se stesso
    - per sostenere un esame è necessario avere sostenuto tutti gli esami propedeutici
- necessità di documentazione di supporto

Il modello relazionale

- Proposto da E. F. Codd nel 1970 per favorire l'indipendenza dei dati e reso disponibile come modello logico in DBMS reali nel 1981
- si basa sul concetto matematico di **relazione,** questo fornisce al modello una base teorica che permette di dimostrare formalmente proprietà di dati e operazioni
- le relazioni hanno una rappresentazione naturale per mezzo di tabelle

Relazione

- $D_1, D_2, \ldots, D_n$ (n insiemi anche non distinti)
- il prodotto cartesiano $D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$, è l'insieme di tutte le **tuple** ordinate $(d_1, d_2, \ldots, d_n)$ tali che $d_1 \in D_1$, $d_2 \in D_2, \ldots, d_n \in D_n$
- una relazione su $D_1, D_2, \ldots, D_n$ è un sottoinsieme del prodotto cartesiano $D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$
- $D_1, D_2, \ldots, D_n$ sono i domini della relazione
- una relazione su *n* domini ha **grado** *n*
- il numero di tuple è la **cardinalità** della relazione
- nelle applicazioni reali, la cardinalità è sempre finita

Dominio

- Un dominio è un insieme (anche infinito) di valori:
- Esempi:
  - l'insieme dei numeri interi
  - l'insieme delle stringhe di caratteri di lunghezza 20
  - l'insieme {0,1}

Esempio

- D_1={a,b}
- D_2={x,y,z}
- prodotto cartesiano $D_1 \times D_2$

a	x
a	y
a	z
b	x
b	y
b	z

- una relazione $r \subseteq D_1 \times D_2$

a	x
a	z
b	y
b	z

Relazione matematica, proprietà

- In base alle definizione, una relazione matematica è un **insieme** di tuple **ordinate**:

$(d_1, d_2, \ldots, d_n)$ tali che $d_1 \in D_1$, $d_2 \in D_2$, …, $d_n \in D_n$

- una relazione è un **insieme,** quindi:
  - non è definito alcun ordinamento fra le tuple
  - le tuple di una relazione sono distinte l'una dall'altra
- una tupla è al proprio interno **ordinata**: l' i-esimo valore di ciascuna proviene dall' i -esimo dominio; è cioè definito un ordinamento fra i domini

Notazioni

- Sia r una relazione di grado k:
  - sia t una tupla di r
  - sia i un intero appartenente all'insieme {1,...,k}
  - t[i] denota la i-esima componente di t

Esempio:

Sia r={(0,a), (0,c),(1,b)}

Sia t=(0,a) una tupla di r

t[2] = a

t[1] = 0

Modello relazionale

- Una relazione può essere vista, alternativamente, come una **tabella**, in cui ogni riga è una tupla ed ogni colonna corrisponde ad una componente
- alle colonne sono associati dei nomi, detti

  nomi di attributo

  la coppia (nome di attributo, dominio) è detta **attributo**
- l'insieme degli attributi di una relazione ne costituisce lo **schema**

Modello relazionale

- Se una relazione ha nome R ed attributi di nomi rispettivamente A_1, A_2,.....,A_k, lo schema è spesso indicato con

  $R(A_1, A_2,.....,A_k)$

- inoltre UR = $\{A_1, A_2,.....,A_k\}$ viene usato per denotare l'insieme di tutti i nomi di attributo della relazione R

Esempio

- Info_Città

Città	Regione	Popolazione
Roma	Lazio	3000000
Milano	Lombardia	1500000
Genova	Liguria	800000
Pisa	Toscana	150000

Schema: Info_Città(Città,Regione,Popolazione)

Modello relazionale

- In questa definizione del modello relazionale, le componenti delle tuple sono denotate tramite i nomi di attributi (notazione per nome in contrasto con la notazione per posizione)
- dato uno schema di relazione $R(A_1, A_2,.....,A_k)$, una tupla t su tale schema può essere rappresentata tramite la notazione

  $$[A_1:v_1, A_2:v_2,.....,A_k:v_k]$$

  dove v_i (i=1,....,k) è un valore appartenente al dominio di A_i (indicato con $dom(A_i)$)
- inoltre $t[A_i]$ denota il valore dell'attributo A_i della tupla t

Esempio

t=[Città: Roma, Regione: Lazio, Popolazione:3000000]

è una tupla definita sullo schema Info_Città

t[Città] = Roma

Il valore dell'attributo Città per la tupla t è Roma

Valori nulli

- Non sempre sono disponibili informazioni sulle entità del dominio applicativo rappresentato nella base di dati:
  - alcune tuple possono non avere un valore per un qualche attributo
- si introduce un valore speciale (**valore nullo**) che denota la mancanza di valore (spesso denotato con '?')

Il concetto di chiave

- Data una relazione, la **chiave** della relazione è un insieme di attributi che distingue tra loro le tuple della relazione
- più precisamente, un insieme X di attributi di una relazione R, è *chiave* di R se verifica entrambe le seguenti proprietà:
  1. qualsiasi sia lo stato di R, non esistono due tuple distinte di R che abbiano lo stesso valore per tutti gli attributi in X
  2. nessun sottoinsieme proprio di X verifica la proprietà (1)

Esempio

Nell'esempio precedente:

chiave(Info_Città) = (Città)

se non esistono città con lo stesso nome in regioni diverse

chiave(Info_Città) = (Città,Regione)

se esistono città con lo stesso nome in regioni diverse

Il concetto di chiave

- Una chiave non può avere valori nulli
- una relazione può avere più di un insieme X che verifica le proprietà viste
- in alcuni casi, può essere necessario scegliere una chiave, utilizzata per “identificare” le tuple della relazione
- in tal caso, il termine **chiavi candidate** viene usato per indicare le possibili chiavi
- il termine **chiave primaria** viene usato per indicare la chiave selezionata

Chiavi candidate

- Un criterio nella scelta della chiave primaria consiste nello scegliere tra le chiavi candidate quella che contiene il minor numero di attributi

- un altro criterio è scegliere la chiave più frequentemente usata nelle interrogazioni

Il concetto di chiave esterna

- Date due relazioni R ed R' tali che:
  - R contenga un insieme di attributi X
  - R' abbia come chiave un insieme Y di attributi
- X può essere specificata come **chiave esterna** di R su R' se Y e X hanno lo stesso numero di attributi e di tipo compatibile
- in altre parole, se una relazione R ha tra i suoi attributi un insieme di attributi che corrisponde alla chiave di una relazione R', allora tale insieme di attributi è una chiave esterna di R su R'
- R' è detta **relazione riferita**

Il concetto di chiave esterna

- Le chiavi esterne permettono di collegare tra loro tuple di relazioni diverse e costituiscono un meccanismo, detto per valore, per modellare le associazioni tra entità
- una tupla che deve riferire un'altra tupla include tra i suoi attributi uno o più attributi il cui valore è il valore della chiave della seconda tupla

Esempio

- Definiamo due relazioni che contengono informazioni riguardanti i dipendenti di un'azienda ed i dipartimenti in cui l'azienda è organizzata
- Le relazioni sono definite come segue:
  - Impiegati (Imp#, Nome, Mansione, Data_A,Stipendio, Premio_P,Dip#)
    chiave(Impiegati) = Imp#
    chiave_esterna(Impiegati) = Dip#
    (relazione riferita: Dipartimenti)
  - Dipartimenti(Dip#, Nome_Dip,Ufficio#, Divisione#, Dirigente)
    chiave(Dipartimenti) = Dip#
    chiave_esterna(Dipartimenti) = Dirigente
    (relazione riferita: Impiegati)

Impiegati

Imp#	Nome	Mansione	Data_A	Stipendio	Premio_P	Dip#
7369	Rossi	ingegnere	17-Dic-80	1600,00	500,00	20
7499	Andrei	tecnico	20-Feb-81	800,00	?	30
7521	Bianchi	tecnico	20-Feb-81	800,00	100,00	30
7566	Rosi	dirigente	02-Apr-81	2975,00	?	20
7654	Martini	segretaria	28-Set-81	800,00	?	30
7698	Blacchi	dirigente	01-Mag-81	2850,00	?	30
7782	Neri	ingegnere	01-Giu-81	2450,00	200,00	10
7788	Scotti	segretaria	09-Nov-81	800,00	?	20
7839	Dare	ingegnere	17-Nov-81	2600,00	300,00	10
7844	Turni	tecnico	08-Set-81	1500,00	?	30
7876	Adami	ingegnere	28-Set-81	1100,00	500,00	20
7900	Gianni	ingegnere	03-Dic-81	1950,00	?	30
7902	Fordi	segretaria	03-Dic-81	1000,00	?	20
7934	Milli	ingegnere	23-Gen-82	1300,00	150,00	10
7977	Verdi	dirigente	10-Dic-80	3000,00	?	10

Dipartimenti

Dip#	Nome_Dip	Ufficio	Divisione	Dirigente
10	Edilizia Civile	1100	D1	7977
20	Ricerche	2200	D1	7566
30	Edilizia Stradale	5100	D2	7698

Integrità referenziale

- L'integrità referenziale rappresenta un importante vincolo di integrità semantica
- se una tupla t riferisce come valori di una chiave esterna i valori $v_1,.....,v_n$ allora deve esistere nella relazione riferita una tupla t' con valori di chiave $v_1,.....,v_n$
- le relazioni Impiegati e Dipartimenti verificano l'integrità referenziale
- si consideri la seguente tupla e si assuma che sia inserita nella relazione Impiegati:

  [Imp#: 7899, Nome: Smith, Mansione: tecnico, Data_A:03-Dic-81, Stipendio:2000, Premio_P: 100, Dip#: 50]
- tale tupla viola l'integrità referenziale in quanto non esiste un dipartimento (nella relazione Dipartimenti) che abbia numero 50

Integrità referenziale

- I linguaggi per basi di dati (SQL) permettono all'utente di specificare per quali relazioni e quali attributi è necessario mantenere l'integrità referenziale (e le azioni da eseguire in caso di violazione)

Progettazione logica

- Due fasi principali:
  - fase di ristrutturazione
  - fase di traduzione
- **ristrutturazione**: eliminazione dallo schema ER di tutti i costrutti che non possono essere direttamente rappresentati nel modello relazionale
  - eliminazione degli identificatori esterni
  - eliminazione degli attributi compositi e multivalore
  - eliminazione delle gerarchie di generalizzazione
- risultato: schema ER ristrutturato

Progettazione logica

- **traduzione**: traduzione con regole di trasformazione di entità, attributi e associazioni dello schema ER in relazioni del modello relazionale:

Schema ER	Schema relazionale
entità attributi associazioni	relazioni

- risultato: schema relazionale

Fase di ristrutturazione

Eliminazione degli identificatori esterni

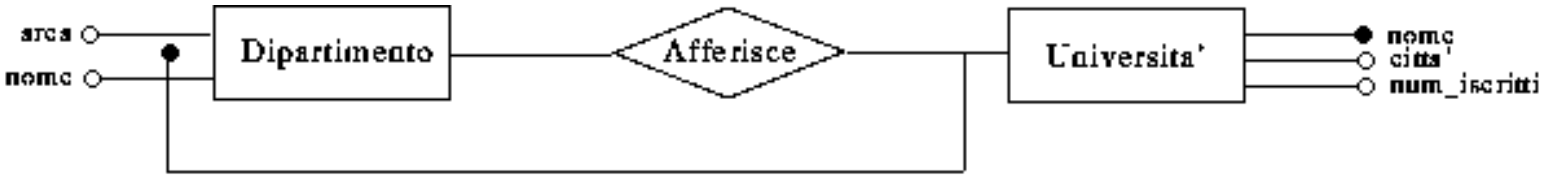
- E_1 ha identificatore (chiave) misto od esterno da E_2 attraverso A
- distinguiamo due casi:

  (a) E_2 ha un identificatore interno

  (b) E_2 ha da un identificatore misto od esterno
- caso (a):
  - l'identificatore di E_1è trasformato in un identificatore interno aggiungendo agli attributi di E_1 l'identificatore interno di E_2
  - l'associazione A può essere eliminata

Fase di ristrutturazione

- Esempio



(a)

(b)

Fase di ristrutturazione

- caso (b): E_2 è a sua volta caratterizzata da un identificatore esterno o misto da E_3
- due casi ulteriori:
  - E_3 ha un identificatore interno $\Rightarrow$ l'eliminazione dell'identificatore esterno di E_1 avviene come segue:
    - trasformazione dell'identificatore di E_2 in un equivalente identificatore interno
    - trasformazione dell'identificatore di E_1 in un equivalente identificatore interno

    i passi precedenti sono eseguiti con la procedura del caso (a)
  - E_3 ha un identificatore esterno o misto $\Rightarrow$ si applica ricorsivamente il passo precedente per E_3

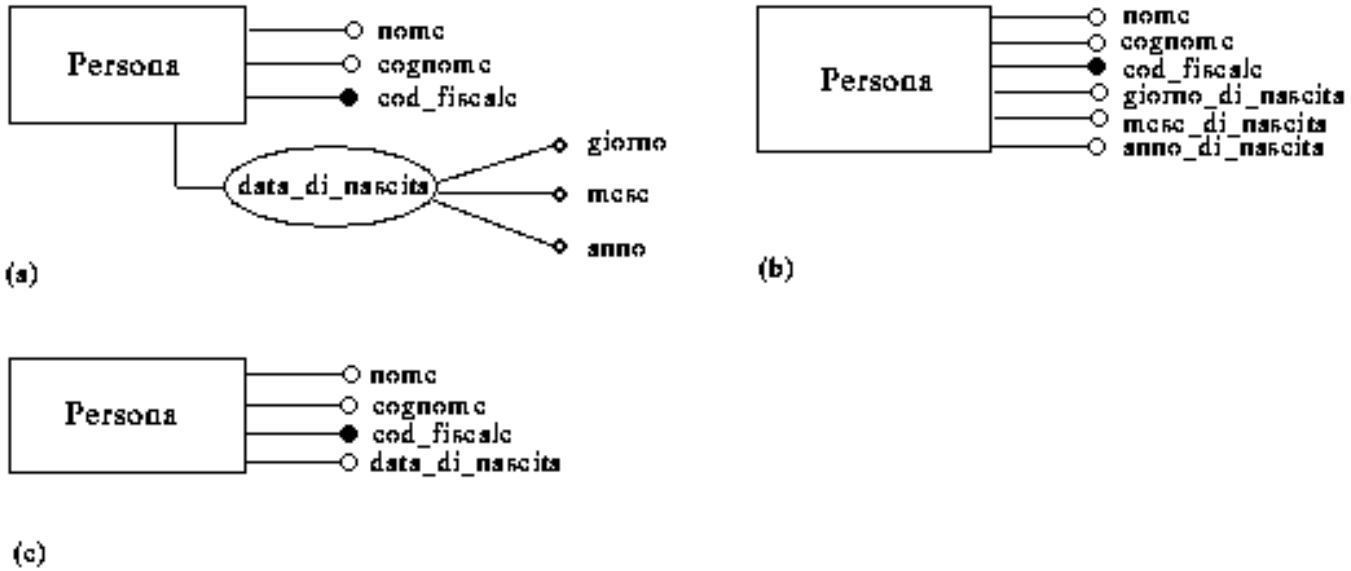
Fase di ristrutturazione

Eliminazione degli attributi compositi e multivalore

- Il modello relazionale consente solo la specifica di attributi semplici e monovalore
- **attributi compositi** si può procedere in due modi (ricorsivamente):
  - si considerano tutti i sottoattributi come attributi dell'entità, oppure
  - si eliminano i sottoattributi e si considera l'attributo composito come un attributo semplice (ridefinizione del dominio)

Fase di ristrutturazione

- Esempio



Fase di ristrutturazione

- **attributi multivalore** si definisce una nuova entità, collegata all'entità di partenza con un'associazione, che modella l'attributo multivalore mediante un attributo a valore singolo
- l'associazione introdotta sarà ovviamente uno a molti

(a)

(b)

Fase di ristrutturazione

Eliminazione delle gerarchie di generalizzazione

- il modello relazionale non prevede gerarchie di generalizzazione
- consideriamo E generalizzazione di E_1, ..., E_n
- tre alternative:

  (a) eliminazione delle entità figlie

  (b) eliminazione dell'entità padre

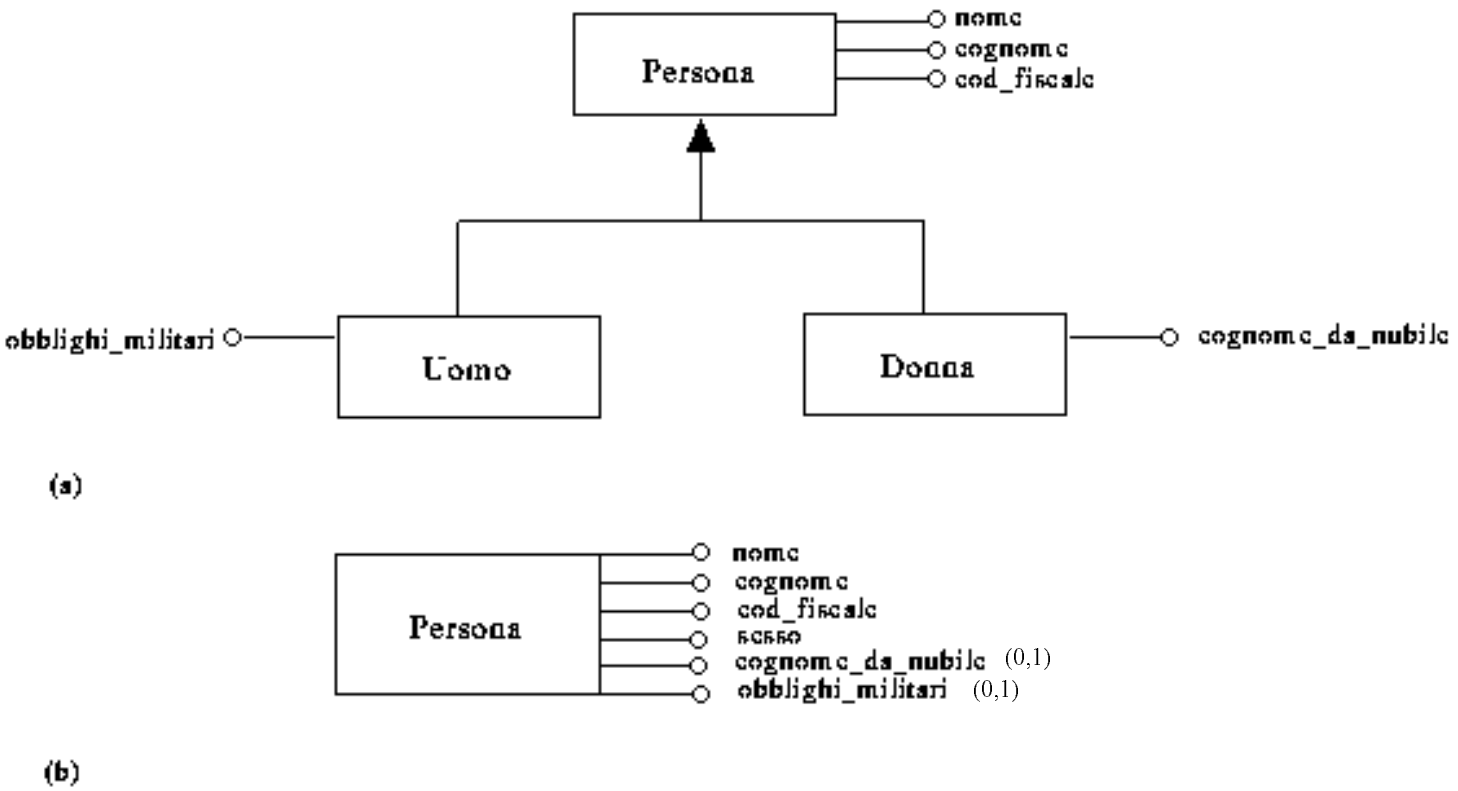
  (c) sostituzione della generalizzazione con associazioni

Fase di ristrutturazione

- Caso (a): eliminazione delle entità figlie
  - E_1, ..., E_n vengono eliminate e i loro attributi vengono inseriti in E
  - ad E viene aggiunto un attributo *a* per tenere traccia delle entità figlie
- generalizzazioni totali $\Rightarrow$ *a* mai nullo
- generalizzazioni parziali $\Rightarrow$ *a* nullo per istanza dell'entità padre che non appartiene a nessuna entità figlia

Fase di ristrutturazione

- Esempio

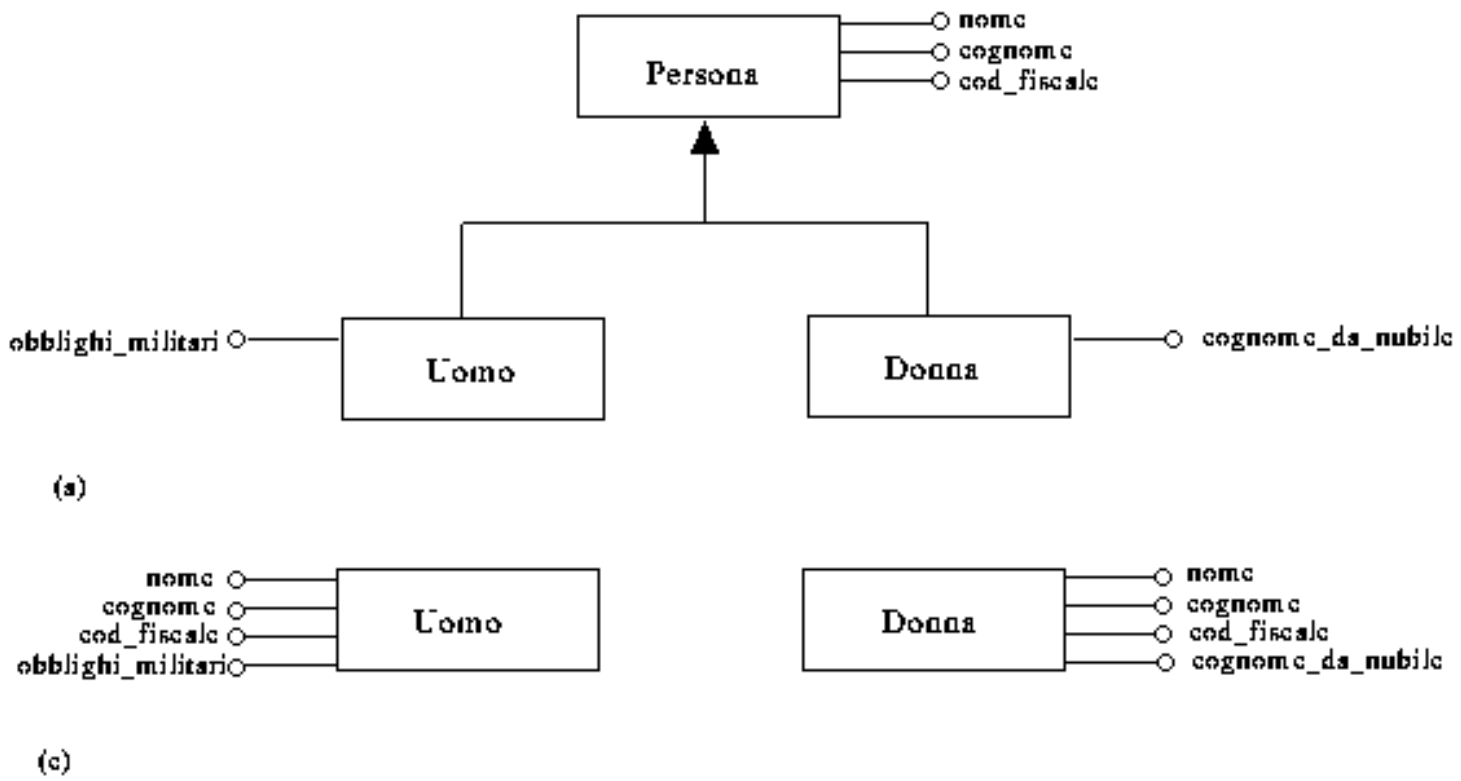


Fase di ristrutturazione

- Caso (b): eliminazione dell'entità padre
  - E viene eliminata e i suoi attributi vengono inseriti in E_1, ..., E_n
  - si può applicare solo nel caso di generalizzazioni totali

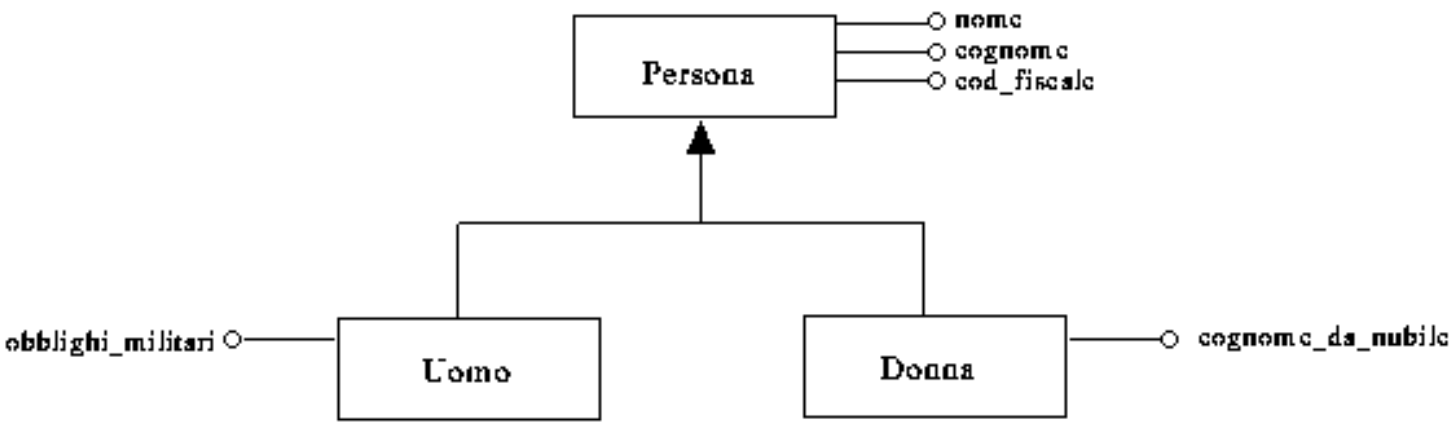
Fase di ristrutturazione

- esempio

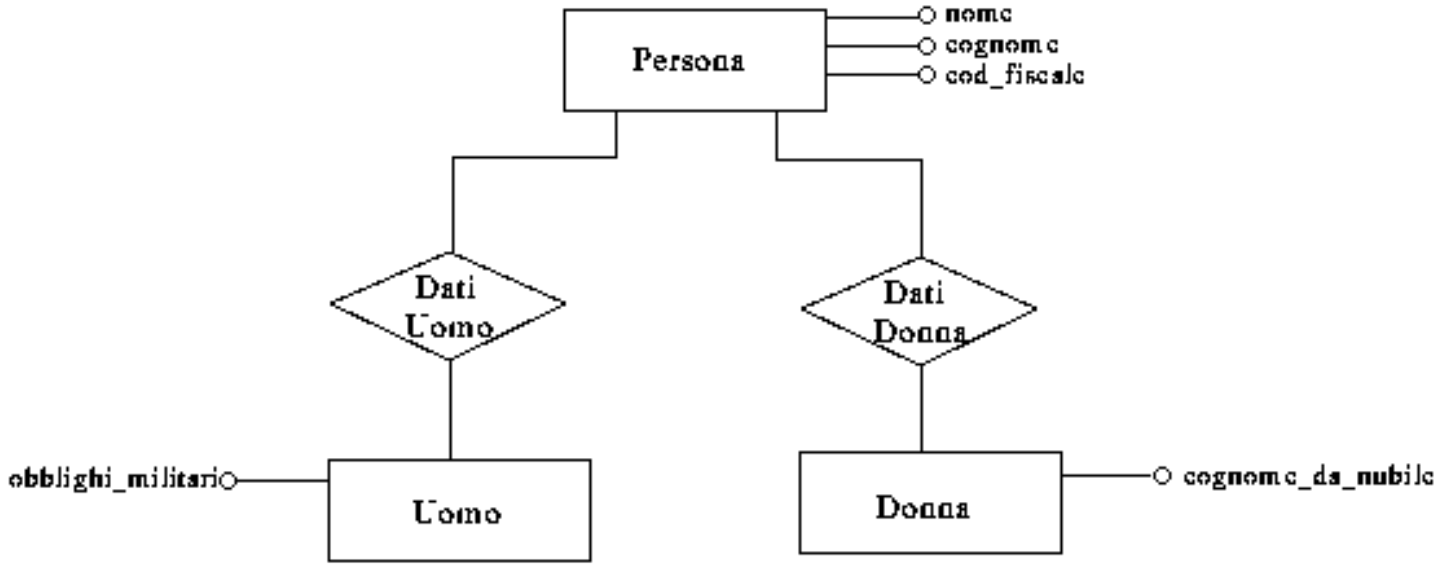


Fase di ristrutturazione

- Caso (c): sostituzione della generalizzazione con associazioni
  - E, E_1, ..., E_n rimangono invariate
  - la gerarchia di generalizzazione è sostituita da un insieme di associazioni uno a uno, ognuna delle quali lega l'entità padre con una diversa entità figlia


Persona
nome
cognome
cod_fiscale
obblighi_militari
Uomo
Donna
cognome_da_nubile

(a)


Persona
nome
cognome
cod_fiscale
Dati Uomo
Dati Donna
obblighi_militari
Uomo
Donna
cognome_da_nubile

(d)

Fase di ristrutturazione

Quale scegliere?

- (a) eliminazione delle entità figlie

  - spreco di memoria per la presenza di valori nulli

  conviene se le operazioni non fanno distinzione fra le istanze delle varie entità

- (b) eliminazione dell'entità padre

  + risparmio di memoria

  - applicabile solo per generalizzazioni totali

  conviene se esistono operazioni che si riferiscono ad istanze di una particolare entità figlia

Fase di ristrutturazione

Quale scegliere?

- (c) sostituzione della generalizzazione con associazioni

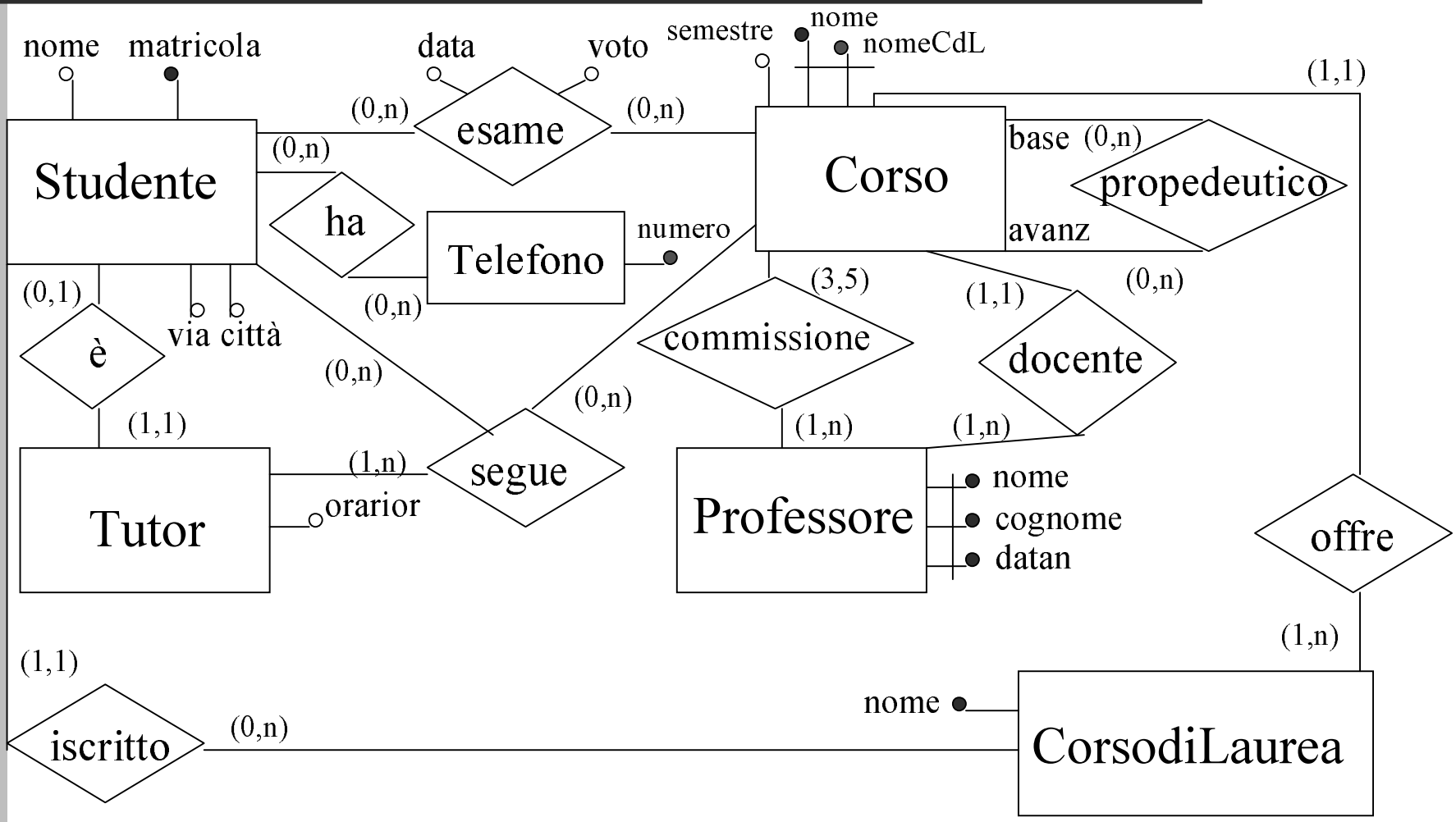
  + risparmio di memoria

  - incremento del numero degli accessi (anche se tuple di dimensione minore)

  conviene se esistono operazioni che si riferiscono alternativamente a entità padre o figlie

- sono possibili anche combinazioni delle tre trasformazioni presentate

Fase di ristrutturazione



Fase di traduzione

Entità

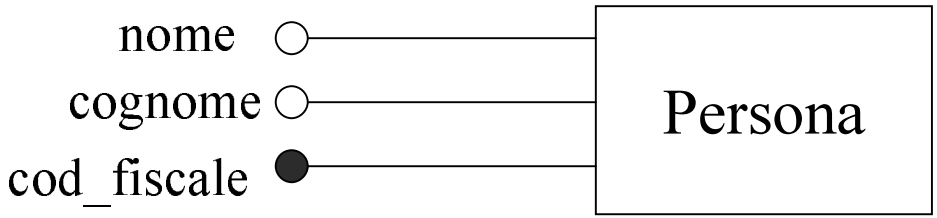
- Per ogni entità si genera una relazione che ha un attributo per ogni attributo dell'entità

  entità $\Rightarrow$ relazione

  attributo di entità $\Rightarrow$ attributo di relazione

  identificatore di entità $\Rightarrow$ chiave di relazione

- esempio:



Persona(nome, cognome, <u>cod_fiscale</u>)

Fase di traduzione

Associazioni

- La traduzione delle associazioni dipende da:
  - grado (numero di entità partecipanti)
  - vincoli di cardinalità
- due alternative:
  - l'associazione viene rappresentata inserendo opportuni attributi (chiavi esterne) in una delle relazioni rappresentanti le entità partecipanti
  - l'associazione stessa viene modellata con una relazione
- vediamo per ogni tipo di associazione

Fase di traduzione

Associazione binaria uno a uno

- L'associazione viene modellata mediante attributi inseriti nelle relazioni che modellano le entità partecipanti
- due casi:
  (a) partecipazione obbligatoria di una sola entità
  (b) partecipazione opzionale od obbligatoria di entrambe le entità

Fase di traduzione

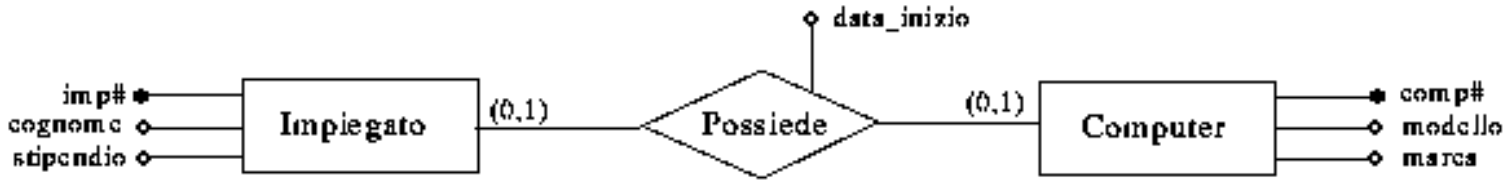
- caso (a): la relazione che rappresenta l'entità per cui l'associazione è obbligatoria contiene come chiave esterna la chiave della relazione che rappresenta l'altra entità e come attributi gli attributi dell'associazione
- esempio

Dipartimento(Dip# ,Area,Sede,Imp#,Data_inizio)

Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)

Fase di traduzione

- caso (b): come il caso (a), ma la relazione può essere scelta indistintamente
- esempio



Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio,Comp#,Data_inizio)

Computer(Comp#,Modello,Marca)

oppure

Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)

Computer(Comp#,Modello,Marca,Imp#,Data_inizio)

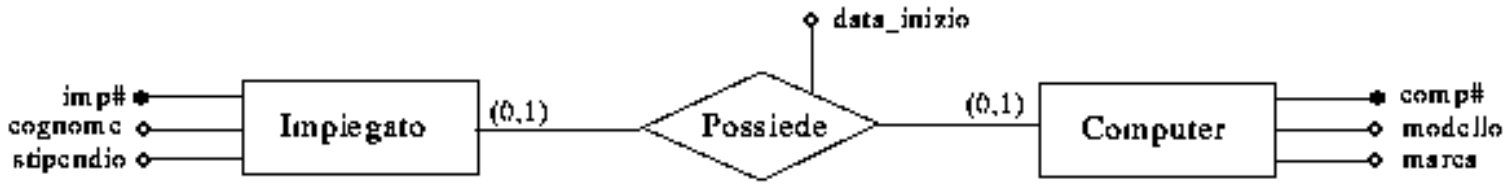
Fase di traduzione

- nel caso particolare di partecipazione opzionale di entrambe le entità si può decidere di introdurre una relazione nuova per modellare l'associazione
- tale relazione contiene:
  - le chiavi delle entità partecipanti
  - gli attributi dell'associazione

- vantaggio: mai valori nulli
- svantaggio: una relazione in più

Fase di traduzione

- esempio



Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)

Computer(Comp#,Modello,Marca)

Possiede(Imp#,Comp#,Data_inizio)

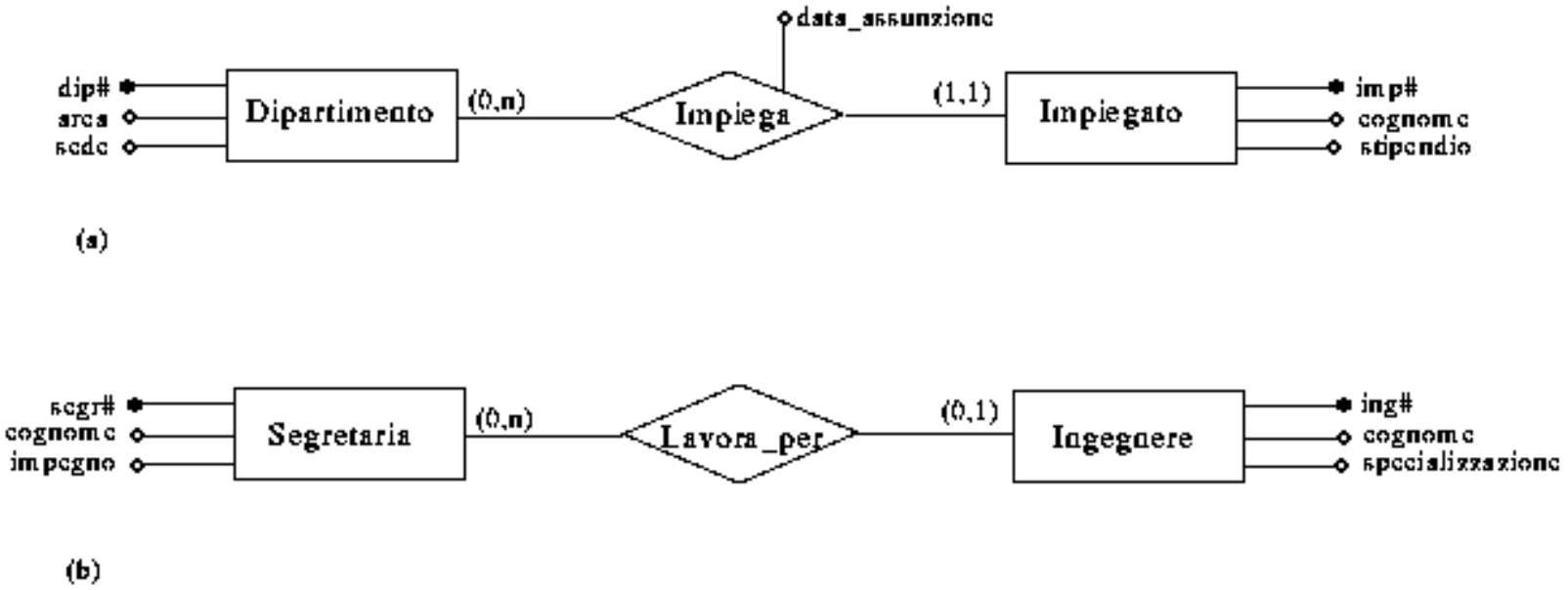
con chiave indifferentemente Imp# o Comp#

Fase di traduzione

Associazione binaria uno a molti

- Si inseriscono nella relazione dell'entità dal lato uno
  - la chiave della relazione corrispondente all'entità dal lato n come chiave esterna
  - gli attributi dell'associazione come attributi

Fase di traduzione



- (a) Dipartimento (Dip#,Area,Sede)
  Impiegato (Imp#,Cognome,Stipendio,Dip#,Data_assunzione)
- (b) Segretaria(Segr#,Cognome,Impegno)
  Ingegnere(Ing#,Cognome,Specializzazione,Segr#)

Fase di traduzione

- nel caso particolare di partecipazione opzionale dell'entità dal lato uno si può decidere di introdurre una relazione nuova per modellare l'associazione
- tale relazione contiene:
  - le chiavi delle entità partecipanti
  - gli attributi dell'associazione
- esempio (b)

  Segretaria(Segr#,Cognome,Impegno)

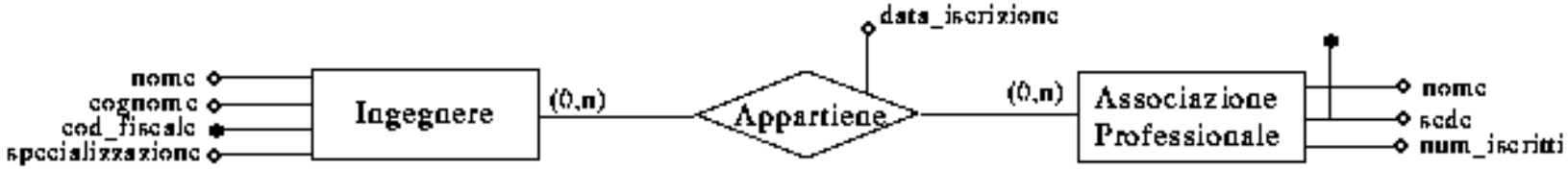
  Ingegnere(Ing#,Cognome,Specializzazione)

  Lavora_Per(Ing#,Segr#)

Fase di traduzione

Associazione binaria molti a molti

- Nuova relazione con attributi le chiavi di entrambe le entità che partecipano all'associazione (chiavi esterne) e gli attributi dell'associazione
- esempio



Ingegnere(Nome,Cognome,Cod_fiscale,Specializzazione)

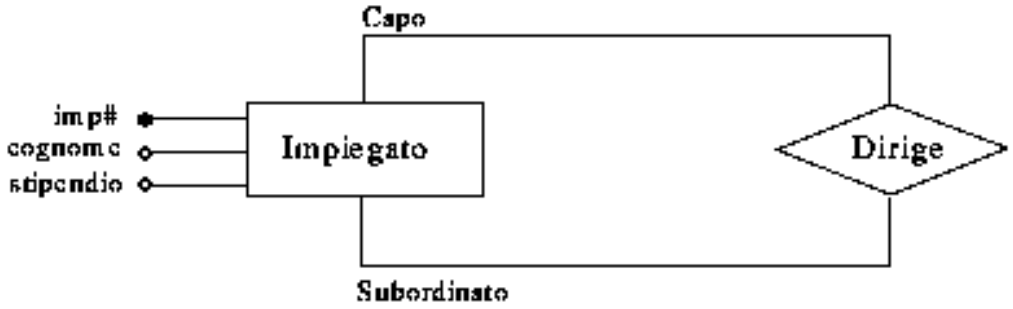
Associazione_Professionale(Nome, Sede, Num_iscritti)

Appartiene(NomeA,SedeA,Cod_fiscaleI,Data_iscrizione)

Fase di traduzione

Associazione unaria

- La traduzione avviene come per le associazioni binarie con attributi distinti per ruoli distinti
- esempio



Fase di traduzione

- se uno a molti o uno a uno:

  Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio,Capo#)

- se molti a molti:

  Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)
  Dirige(Capo#,Subordinato#)

Fase di traduzione

- se si introduce una relazione nuova nel caso uno a uno e uno a molti (associazione opzionale per entrambi i ruoli), ci sono due alternative per scegliere la chiave della relazione che rappresenta l'associazione:
  - se la relazione è uno a uno, la chiave è uno qualsiasi dei due attributi corrispondenti ai ruoli giocati dall'entità nell'associazione
  - se la relazione è uno a molti, la chiave è costituita dall'attributo che corrisponde al ruolo dal lato uno della associazione

Fase di traduzione

- esempio

  Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)
  Dirige(Capo#,Subordinato#)

- per determinare la chiave di Dirige:
  - se un impiegato può avere più capi ed un capo può avere più subordinati, la chiave è Capo# e Subordinato#
  - se ogni impiegato ha un solo capo ed ogni capo ha un solo subordinato, la chiave può essere indifferentemente Capo# o Subordinato#
  - se un impiegato può avere un solo capo la chiave è Subordinato#
  - se un impiegato può avere un solo subordinato la chiave è Capo#

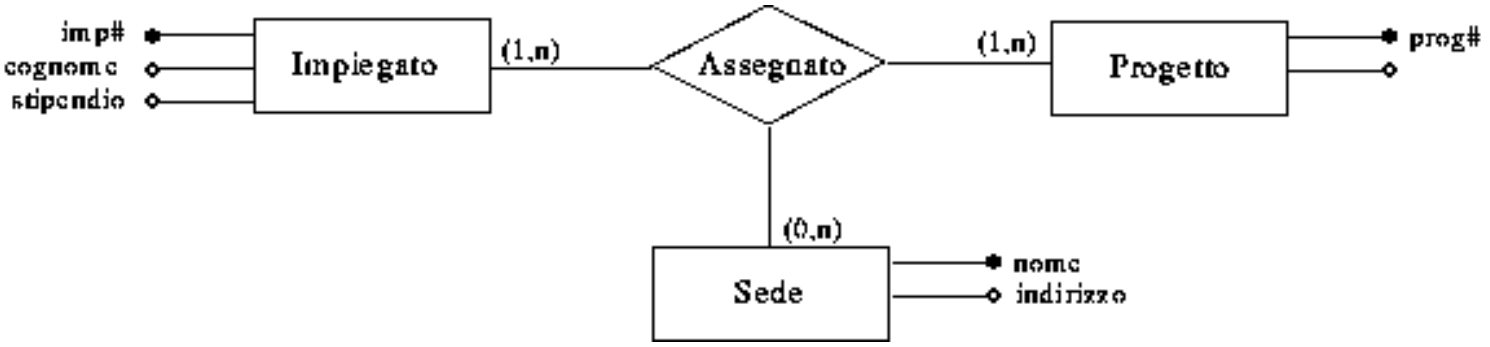
Fase di traduzione

Associazione n-aria

- Nuova relazione contenente:
  - chiavi delle entità partecipanti (che diventano chiave della relazione)
  - attributi dell'associazione

Fase di traduzione

- esempio



Impiegato(Imp#,Cognome,Stipendio)

Progetto(Prog#,Budget)

Sede(Nome,Indirizzo)

Assegnato(Imp# ,Prog# ,NomeSede)

Fase di traduzione

Metodologia di traduzione

- due passi fondamentali:

  1) generazione delle relazioni corrispondenti alle entità dello schema ER e degli attributi delle relazioni generate

  2) generazione delle relazioni corrispondenti alle associazioni presenti nello schema ER che non sono state mappate nelle relazioni generate al passo 1

Fase di traduzione

Passo 1

(a) entità $\Rightarrow$ relazione

attributo di entità $\Rightarrow$ attributo di relazione

identificatore di entità $\Rightarrow$ chiave di relazione

(b) associazione A binaria uno a uno tra E_1 ed E_2

$\Rightarrow$ nella relazione che rappresenta E_1 si aggiunge:

- chiave di E_2
- attributi di A

dove E_1 partecipa obbligatoriamente ad A

(se A è obbligatoria sia per E_1 che per E_2 la scelta è indifferente)

Fase di traduzione

(c) associazione A binaria uno a molti tra E_1 ed E_2 con E_1 dal lato uno

$\Rightarrow$ nella relazione che rappresenta E_1 si aggiunge:

- chiave di E_2
- attributi di A

(d) associazione A unaria uno a uno su entità E

$\Rightarrow$ nella relazione che rappresenta E si aggiunge:

- chiave di E per uno dei ruoli
- attributi di A

Fase di traduzione

(e) associazione A unaria uno a molti su entità E

$\Rightarrow$ nella relazione che rappresenta E si aggiunge:

- la chiave di E per il ruolo dal lato molti
- attributi di A

Fase di traduzione

Passo 2

(a) associazione A binaria molti a molti o n-aria
$\Rightarrow$ nuova relazione contenente:
- chiavi delle relazioni delle entità partecipanti
- attributi di A

(b) associazione A unaria molti a molti su entità E
$\Rightarrow$ nuova relazione contenente:
- attributi corrispondenti alla chiave di E per ogni ruolo
- attributi di A

Fase di traduzione

Studente(Matricola,Nome,Via,Città,NomeCdL)

Tutor(Matricola,OrarioR)

CorsodiLaurea(Nome)

Professore(Nome,Cognome,DataN)

Corso(Nome,NomeCdL,Semestre,NomeP,CognomeP,DataNP)

Esame(MatricolaS,NomeC,NomeCdLC,Data,Voto)

PropedeuticoA(NomeCB,NomeCdLCB,NomeCA,NomeCdLCA)

Commissione(NomeC,NomeCdL,NomeP,CognomeP,DataNP)

Segue(MatricolaS,MatricolaT,NomeC,NomeCdL)