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 ⇒ 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, …)

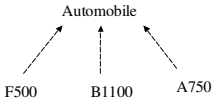
Modelli concettuali

- 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

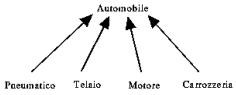


- F500 è un' istanza della classe Automobile
- relazione di *instance_of*

Modelli concettuali

Astrazione di aggregazione

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

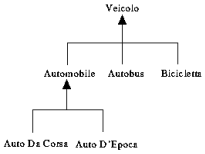


- il telaio è una parte dell'automobile
- relazione di *part_of*

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

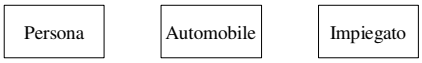
- le associazioni possono avere proprietà
- esempio: data (in cui si è presa la residenza) può essere una proprietà dell'associazione Risiede

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

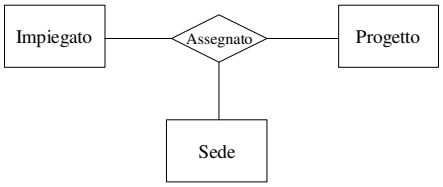
Modello Entity-Relationship

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

- associazione binaria: grado 2

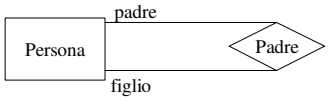
Modello Entity-Relationship

- associazione n-aria: grado n > 2



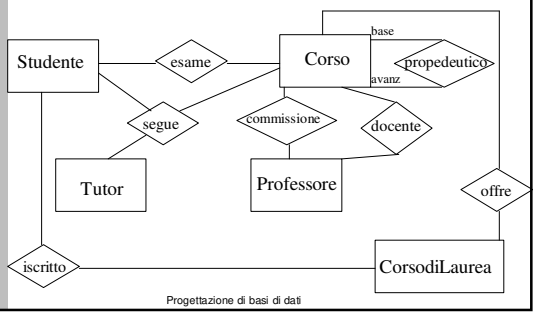
Modello Entity-Relationship

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



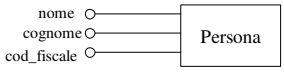
- nel caso di associazione unaria il ruolo è obbligatorio

Modello Entity-Relationship



Modello Entity-Relationship

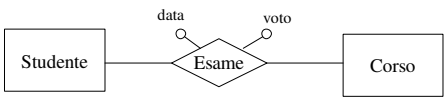
- **Attributo**: proprietà elementare posseduta da un'entità o da un'associazione
- graficamente:



- 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

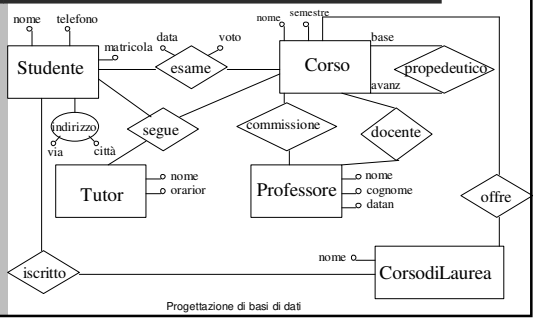
    se $D = D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$ allora $< d_1, \ldots, d_n >$ t.c. $d_i \in D_i$ è valore possibile

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 × mese × 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 ⇒ esistono istanze di E che non partecipano ad alcuna istanza di A
  - c_min=1 ⇒ 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 ⇒ ogni istanza di E può partecipare al più ad una istanza di A
  - c_max=n ⇒ non esiste limite al numero massimo di istanze di A a cui ogni istanza di E può partecipare
  - c_max=c_min=1 ⇒ ogni istanza di E partecipa ad una ed una sola istanza di A
  - c_min=0, c_max=n ⇒ 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

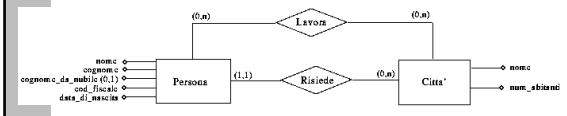
Modello Entity-Relationship

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 ⇒ 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

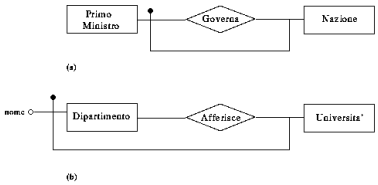
- identificatori o chiavi:
  - interni: uno o più attributi dell'entità
  - esterni: uno o più associazioni collegate all'entità a cui si riferiscono
    (identificazione esterna **da** tale entità **attraverso** tale associazione)
  - misti: attributi + associazioni
  - semplici: un elemento
  - compositi: più di un elemento

Modello Entity-Relationship

(a) (b)

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

Modello Entity-Relationship

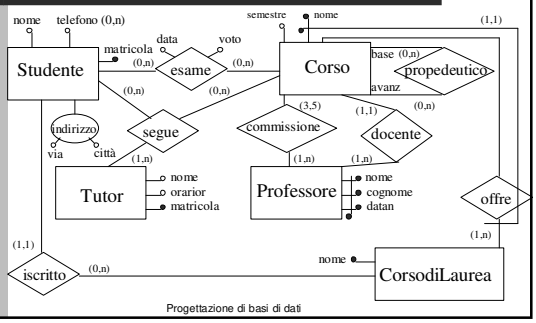


- (a) identificatore esterno
- (b) identificatore misto

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

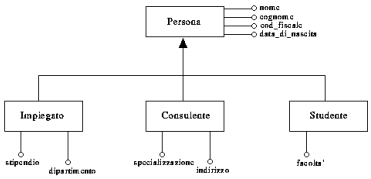


Modello Entity-Relationship

- 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

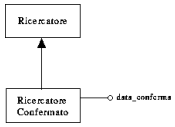
- ogni generalizzazione può essere:
  - **totale**: ogni istanza di E è istanza di almeno un'entità E_i
    es.: Persona - Uomo, Donna
  - **parziale**: esiste almeno un'istanza di E che non è istanza di alcuna entità E_i
    es.: Persona - Studente, Impiegato

Modello Entity-Relationship

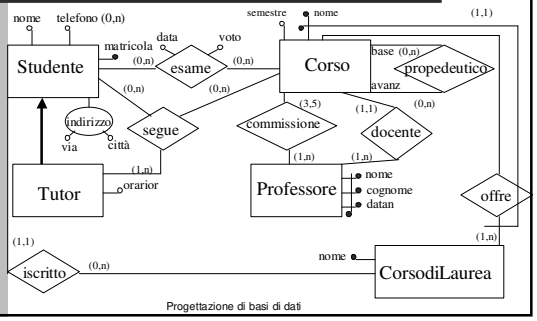
- ogni generalizzazione può essere inoltre
  - **esclusiva**: ogni istanza di E è istanza di al più un'entità E_i
    es.: Persona - Uomo, Donna
  - **condivisa**: esiste almeno un'istanza di E che è istanza di più di un'entità E_i
    es.: Persona - Studente, Impiegato
- tali caratteristiche possono 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

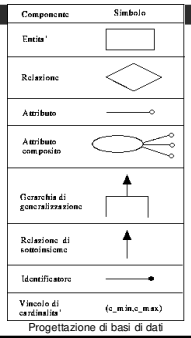


Modello Entity-Relationship

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



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 $d_1 \in D_1$, $d_2 \in D_2$, …, $d_n \in D_n$
- 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 $A_1, A_2, \ldots, A_k$, lo schema è spesso indicato con

  $R(A_1, A_2, \ldots, A_k)$
- inoltre UR = $\{A_1, A_2, \ldots, A_k\}$ 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 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
- una chiave primaria non può avere valori nulli

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 dei i costrutti che non possono essere direttamente rappresentati nel modello relazionale (+ ottimizzazione del progetto in base al carico applicativo previsto)
  - eliminazione degli attributi compositi e multivalore
  - eliminazione delle gerarchie di generalizzazione
  - scelta degli identificatori primari
- 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

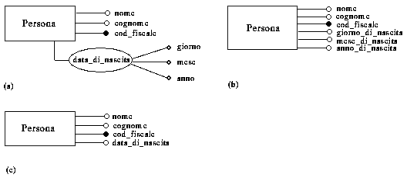
Fase di ristrutturazione

Eliminazione degli 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)

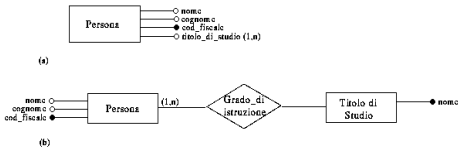
Fase di ristrutturazione

- 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



Fase di ristrutturazione

Eliminazione delle gerarchie di generalizzazione

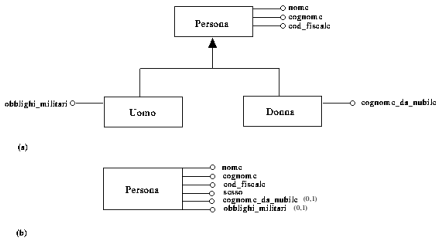
- il modello relazionale non prevede gerarchie di generalizzazione
- consideriamo E generalizzazione di E_1, ..., E_n
- tre alternative:
  (a) eliminazione delle entità figlie
  (b) eliminazione dell'entità padre
  (c) sostituzione della generalizzazione con associazioni

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

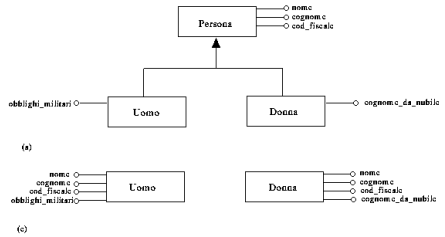


Fase di ristrutturazione

- 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

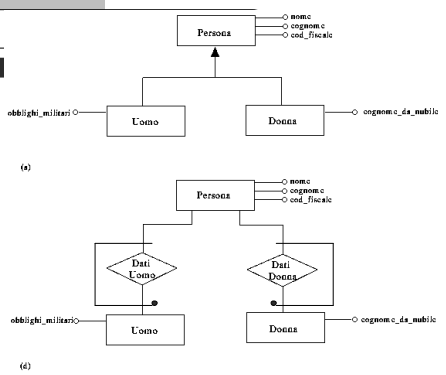
Fase di ristrutturazione

- 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
  - per quanto riguarda l'identificazione, le entità figlie sono entità deboli con identificazione esterna attraverso l'associazione che le lega all'entità padre



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?

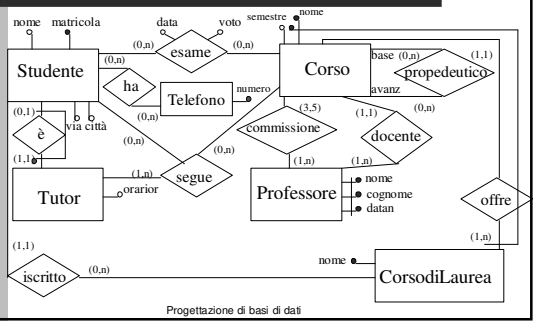
- (c) sostituzione della generalizzazione con associazioni
  - **+** risparmio di memoria
  - **-** incremento del numero degli accessi (anche se tuple di dimensione minore)
  - conviene se esistono operazioni che si riferiscono alternativamente a entità padre o figlie
- sono possibili anche combinazioni delle tre trasformazioni presentate

Fase di ristrutturazione

Scelta degli identificatori primari

- Nel caso di entità con più chiavi alternative
- necessaria perché nel modello relazionale le associazioni vengono rappresentate mediante il meccanismo delle chiavi esterne ("riferimenti" tra tuple mediante il valore dell'identificatore)
- criteri
  - **assenza di opzionalità** gli identificatori non possono assumere valori nulli
  - **semplicità** un identificatore composto da uno o pochi attributi è da preferire a identificatori con molti attributi e gli identificatori interni sono da preferire a quelli esterni
  - **utilizzo nelle operazioni più frequenti o importanti**

Fase di ristrutturazione



Fase di traduzione

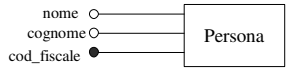
Entità

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

  entità ⇒ relazione

  attributo di entità ⇒ attributo di relazione

  identificatore di entità ⇒ chiave di relazione
- esempio:



Persona(nome, cognome, cod_fiscale)

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

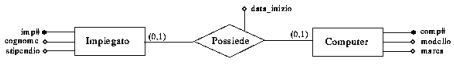
- caso (a): la relazione che rappresenta l'entità per cui l'associazione è obbligatoria contiene come chiave esterna la chiave della relazione che rappresenta l'altra entità e come attributi gli attributi dell'associazione
- esempio

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)

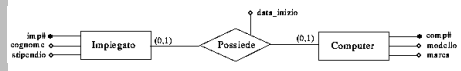
Computer(Comp#,Modello,Marca,Imp#,Data_inizio)

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)

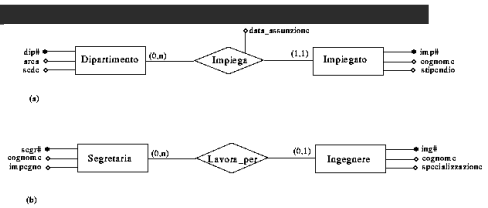
con chiave indifferentemente Imp# o Comp#

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#)

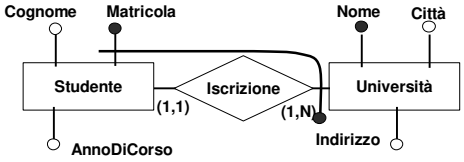
Fase di traduzione

Identificatori esterni

- nel caso di identificazione esterna o mista attraverso un'associazione, la traduzione avviene inserendo la chiave dell'entità dall'altro lato dell'associazione nell'entità debole (che sarà sempre dal lato uno dell'associazione)
- nella relazione corrispondente all'entità debole quindi:
  - la chiave sarà costituita dalla chiave dell'altra entità più eventuali attributi propri che partecipano all'identificazione (nel caso di identificazione mista)
  - vengono inseriti gli attributi dell'associazione
- nel caso di "catene" di entità deboli che dipendono da entità a loro volta deboli, viene effettuata la traduzione cominciando dall'entità che dipende da entità forte

Fase di traduzione

Identificatori esterni

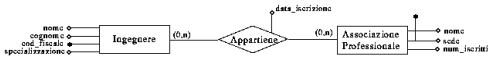


Studente(Matricola, Università, Cognome, AnnoDiCorso)
Università(Nome, Città, Indirizzo)
con Università in Studente chiave esterna su Università

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

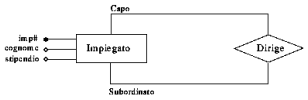


Ingegnere(Nome,Cognome,Cod_fiscale,Specializzazione)
Associazione_Professionale(Nome, Sede, Num_iscritti)
Appartiene(NomeA,SedeA,Cod_fiscaleI,Data_iscrizione)

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#

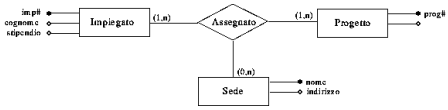
Fase di traduzione

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 ⇒ relazione
attributo di entità ⇒ attributo di relazione
identificatore di entità ⇒ chiave di relazione

(b) associazione A binaria uno a uno tra E_1 ed E_2
⇒ 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
⇒ 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
⇒ 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
⇒ 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
⇒ nuova relazione contenente:
- chiavi delle relazioni delle entità partecipanti
- attributi di A

(b) associazione A unaria molti a molti su entità E
⇒ 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)