Basi di Dati - IV

Corso di Laurea in Informatica

Anno Accademico 2024/2025

Alessandra Raffaetà

raffaeta@unive.it

Progettazione Logica

Progettazione Logica: Modello Relazionale

- Il **modello dei dati relazionale** (Edgar F. Codd, 1970)

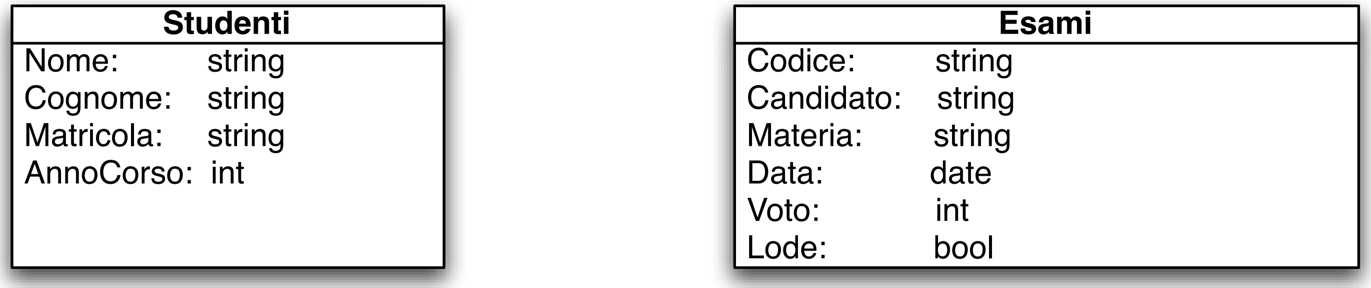
- **Trasformazione** dal modello **concettuale ad oggetti** al modello **logico relazionale**

- **Algebra relazionale**

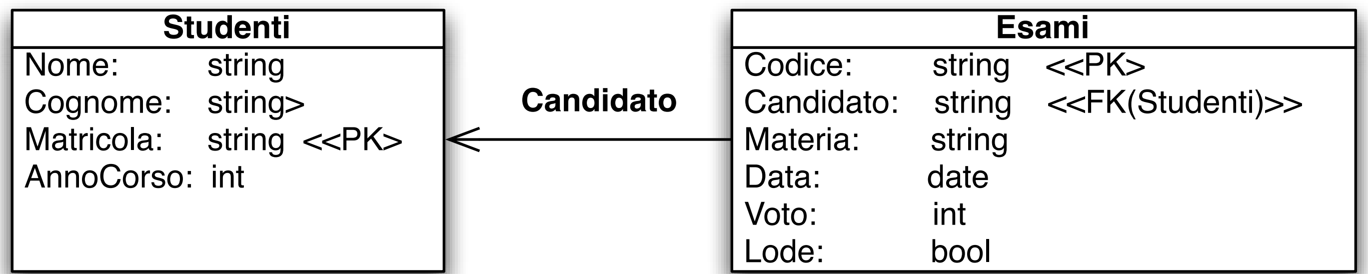
Il Modello Relazionale

Il Modello Relazionale: intuizione

- **Collezioni** come **relazioni** (**tabelle**)



- **Associazioni** tramite **chiavi**



Modello Relazionale

- I meccanismi per definire una base di dati con il modello relazionale sono l'**ennupla** e la **relazione**.

- Dal punto di vista matematico
  - **relazione** R $\subseteq$ D1 × D2 x ... x Dn
    - D1, ..., Dn domini
  - **ennupla** $<d1, ..., dn> \in R$
    - d1 $\in$ D1, ..., dn $\in$ Dn

- in Informatica si associa un'etichetta distinta a ciascun dominio D1, ..., Dn (record!)

Modello Relazionale (cont.)

- **Tipo ennupla T:** insieme finito di coppie (Attributo, **Tipo primitivo**):
  (A1: T1, ..., An: Tn)

- **Tipo relazione o tipo insieme di ennuple:** Se T è un tipo ennupla, allora {T} è un tipo relazione.

- **Schema di relazione**

  R : { T } (T tipo ennupla, {T} tipo relazione)

- Spesso scriveremo R(T) invece di R:{T}.

- **Istanza** di uno schema R:{T} o ***relazione***: insieme finito di ennuple di tipo T.
  - cardinalità: numero delle sue ennuple.

- **Schema relazionale di una BD**:
  - insieme di schemi di relazione **Ri:{Ti}**;
  - vincoli di integrità

Esempio: schema di relazione

- Studenti (Nome: string, Cognome: string, Matricola: string, Anno:int)

Nome	Cognome	Matricola	Anno
Paolo	Verdi	71523	2005
Anna	Rossi	76366	2006
Giorgio	Zeri	71347	2005

Studenti

- se non interessa evidenziare il tipo degli attributi scriviamo

  Studenti(Nome, Cognome, Matricola, Anno)

Modello Relazionale: Schema

Schema relazionale:

Studenti (Nome: string, Cognome: string, Matricola: string, Anno: int)

Esami (Codice: string ,Materia: string, Candidato: string, Data: string, Voto: int, Lode:char)

Studenti

Nome	Cognome	Matricola	Anno
Paolo	Verdi	71523	2005
Anna	Rossi	76366	2006
Giorgio	Zeri	71347	2005

Esami

Codice	Materia	Candidato	Data	Voto	Lode
B112	BD	71523	08.07.06	27	N
F31	FIS	76366	08.07.07	26	N
B247	CN	71523	28.12.06	30	S

Vincoli di integrità

- Considereremo
  - **chiavi**
  - **chiavi esterne**
  - **valori non nulli**

r è un'**istanza valida** di uno schema di relazione R se rispetta tutti i vincoli definiti su R.

Chiavi

- **Superchiave in R:** sottoinsieme X di attributi di uno schema di relazione R tale che il valore degli attributi in X determina univocamente una ennupla
  - Esempio: (Matricola) e (Cognome,Matricola) sono superchiavi in:
    Studenti(Nome, Cognome, Matricola, Anno)
- **Chiave**: superchiave **minimale**; gli attributi che appartengono ad una chiave sono detti **primi**
  - Esempio: Matricola
- **Chiave primaria**: una delle chiavi, in genere di lunghezza minima
- Altre chiavi sono indicate con <<UNIQUE>> oppure <<CK>>

Chiavi esterne ed Associazioni

- **Chiave esterna in R**
  - insieme di attributi X= {A1, ..., An} di R che riferisce la chiave primaria Y={B1, ..., Bn} di S:
  - per ogni ennupla r in R esiste una ennupla s in S t.c. r.X = s.Y (r "riferisce" s). [integrità referenziale]
- **Associazioni**
  - realizzate con il meccanismo di chiave

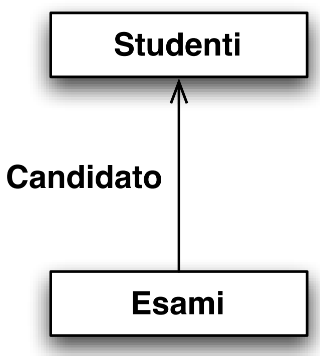
Esempio

Schema:

Studenti(Nome: string, Cognome: string, Matricola: string, Anno: int)

Esami(Codice: string, Materia: string, Candidato*: string, Data: string, Voto: int, Lode:char)

- Associazione:



Studenti

Nome	Cognome	Matricola	Anno
Paolo	Verdi	71523	2005
Anna	Rossi	76366	2006
Giorgio	Zeri	71347	2005

Esami

Codice	Materia	Candidato*	Data	Voto	Lode
B112	BD1	71523	08.07.06	27	N
F31	FIS	76366	08.07.07	26	N
B247	BD2	71523	28.12.06	30	S

Esempio: altre soluzioni

- Studenti(Nome, Cognome, <u>Matricola</u>, Anno, Esame*)
  Esami(<u>Codice</u>, Materia, Data, Voto, Lode)
- Studenti(Nome, Cognome, <u>Matricola</u>, Anno, <u>Esame</u>*)
  Esami(<u>Codice</u>, Materia, Data, Voto, Lode)
- Studenti(Nome, Cognome, <u>Matricola</u>, Anno)
  Esami(<u>Codice</u>, Materia, Data, Voto, Lode)
  StudentiEsami(<u>Esame</u>*, <u>Candidato</u>*)
- Studenti(Nome, Cognome, <u>Matricola</u>, Anno)
  Esami(<u>Materia</u>, Crediti)
  ProvaEsame(<u>Codice</u>, Esame*, Candidato*, Data, Voto, Lode)

- Quali sono sensate?

Valori non nulli

- Un attributo può avere valore non specificato (proprietà parziali), per varie ragioni:
  - non applicabile
  - sconosciuto
- si usa **NULL**
- Es.: Per lo schema di relazione nella biblioteca

  Utenti(Nome, Cognome, CodiceFiscale, ...)

  CodiceFiscale per un ospite potrebbe non aver valore perché nel paese di provenienza il CF non si usa o perché il CF non è noto nel momento della creazione dell'utente.

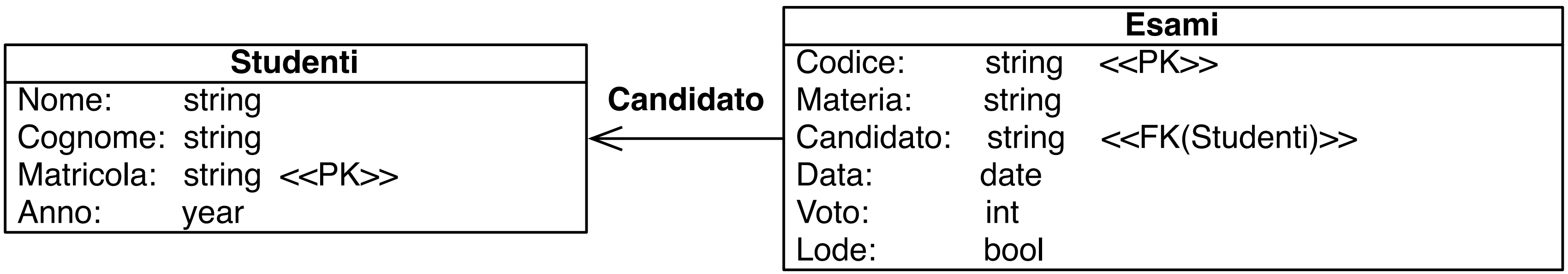
Valori non nulli e chiavi

- Negli schemi relazionali si può imporre il vincolo **NOT NULL** per un attributo

- Gli attributi della **chiave primaria** (e delle chiavi in generale) devono assumere valori **non nulli**

- Una **chiave esterna** può avere valore nullo se rappresenta una associazione parziale.

Rappresentazione grafica



Dal Modello a Oggetti
al Modello Relazionale

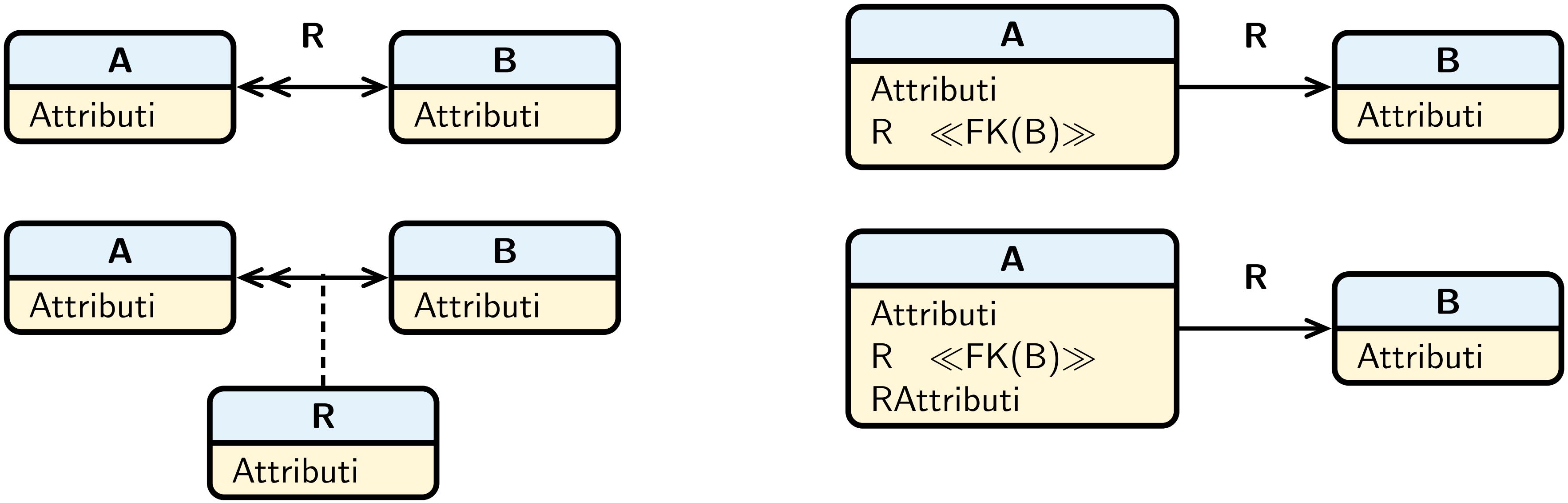
Schemi a oggetti -> Schemi relazionali

- Trasformazione per passi:

  1. associazioni molti a uno (e uno a uno)
  2. associazioni molti a molti
  3. gerarchie di inclusione
  4. identificazione chiavi primarie
  5. attributi multivalore
  6. attributi composti

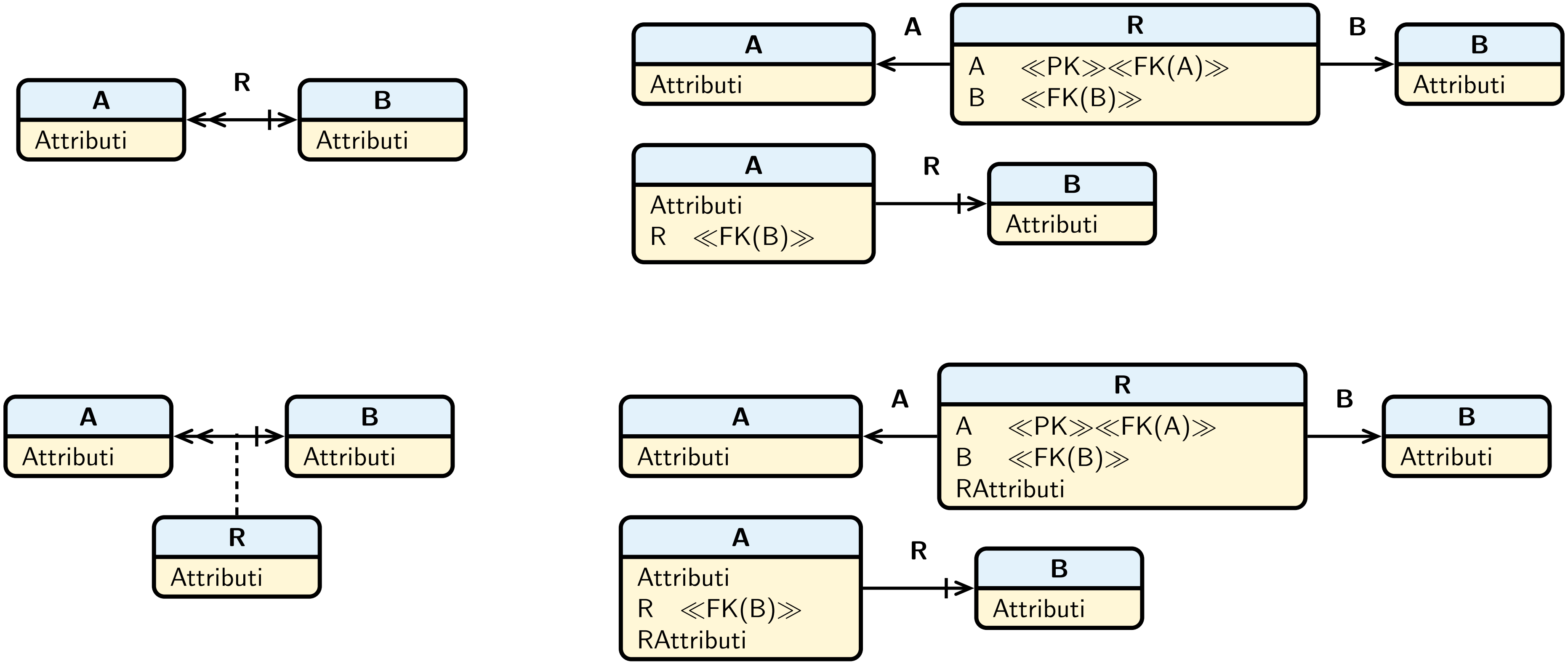
Schemi a oggetti -> Schemi relazionali

- Associazioni N:1 (univoche e totali)



- Prestiti <<-|----> Utenti

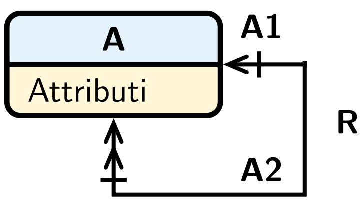
- Associazioni N:1 (univoche e parziali)

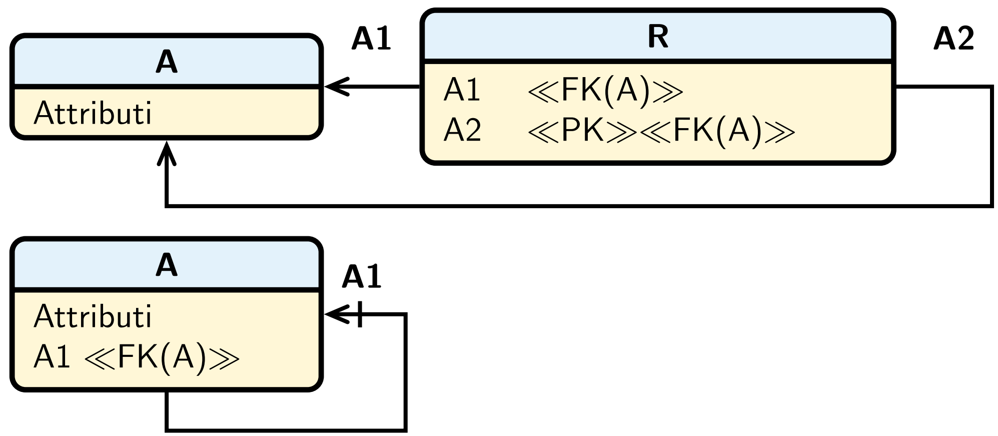


- EsamiEsterni <<-|---|-> EsamiInterni (attributo: Colloquio)

Schemi a oggetti -> Schemi relazionali

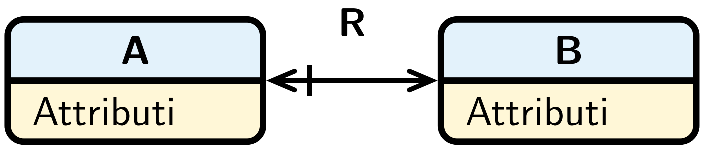
- Associazioni N:1 (ricorsive)

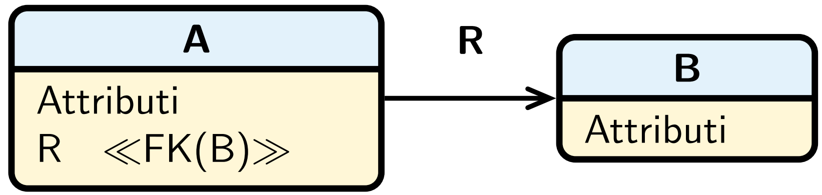


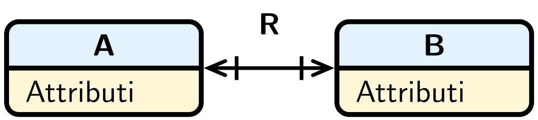


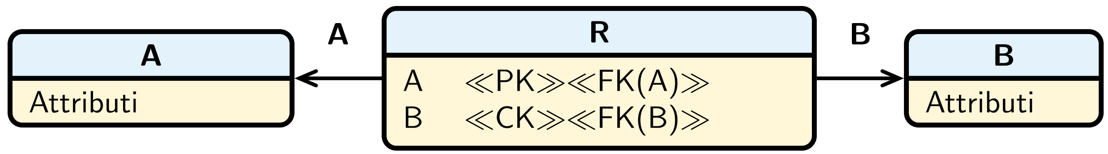
Schemi a oggetti -> Schemi relazionali

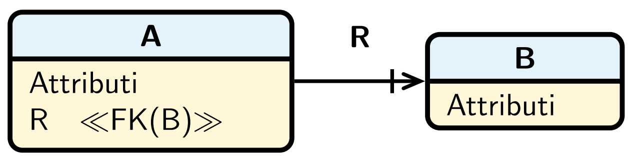
- Associazioni 1:1 (univoche con inversa univoca)







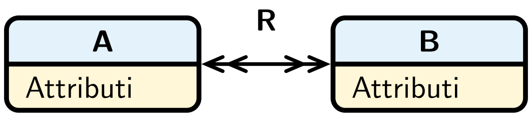


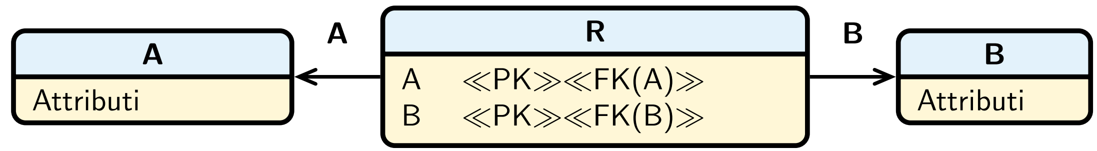


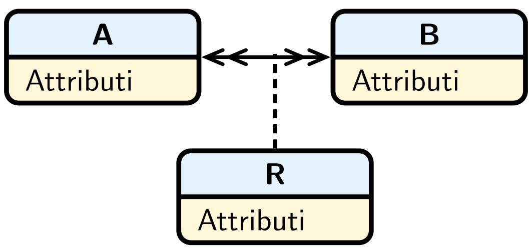
- Es.: Domande Trasferimento <---|-> Pratiche Trasferimento

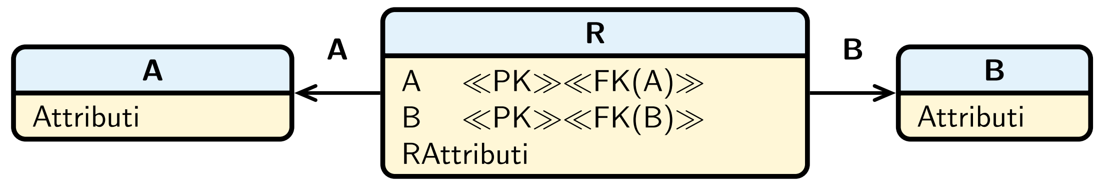
Schemi a oggetti -> Schemi relazionali

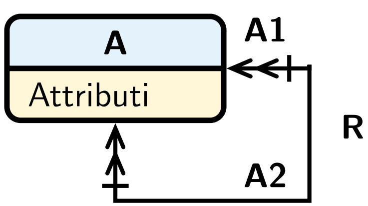
- Associazioni N:M (multivalore con inversa multivalore)

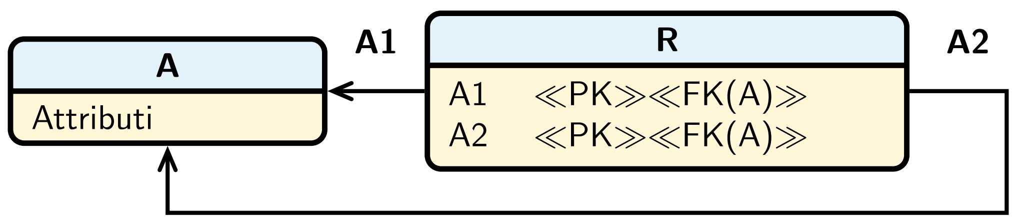






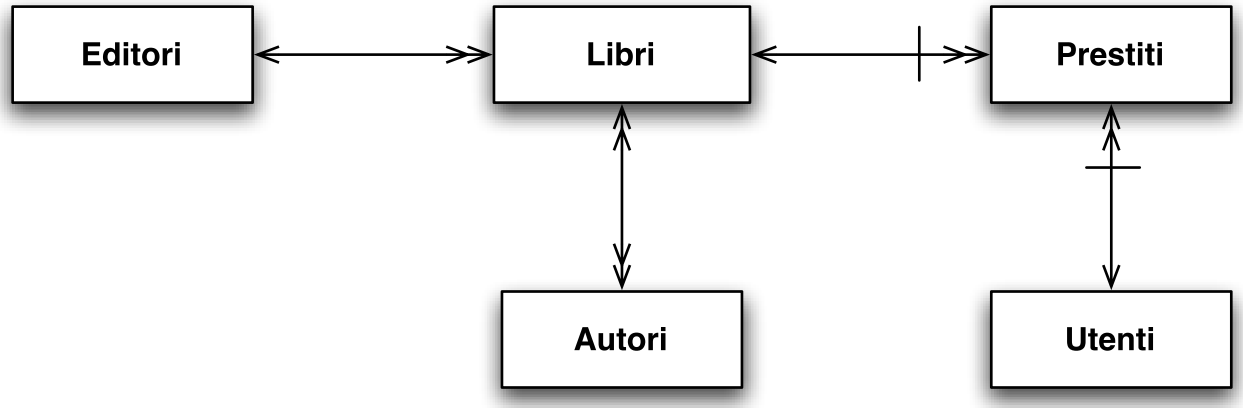




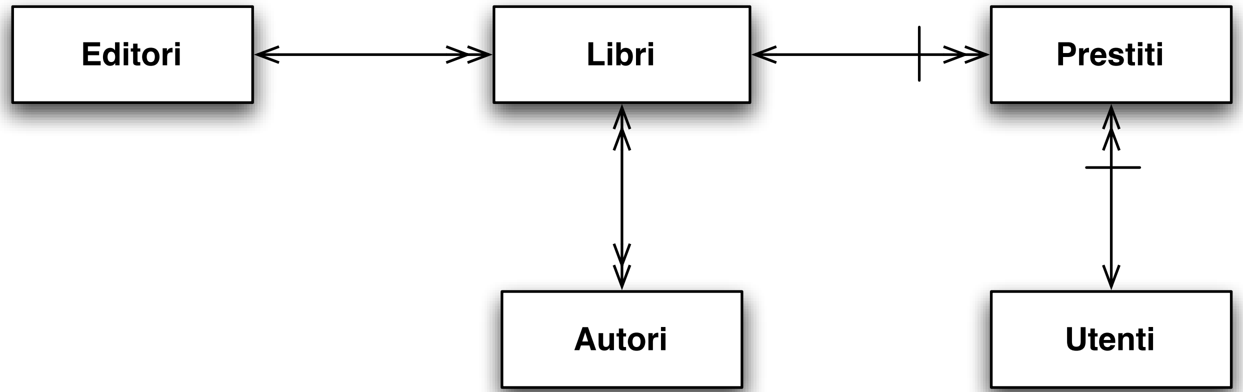


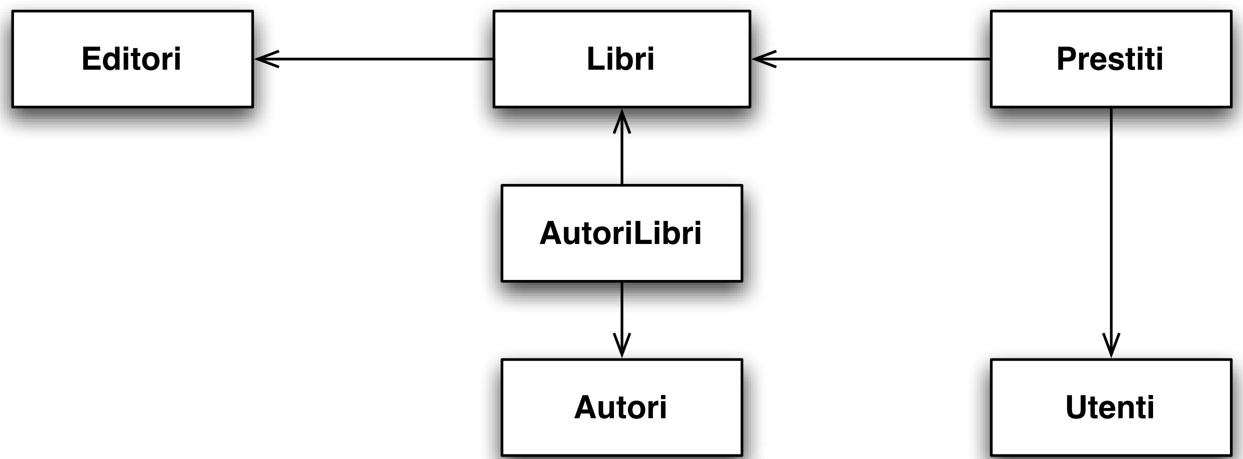
- totalità non rappresentabile

Trasformazione di Schemi a Oggetti in Relazionali



Trasformazione di Schemi a Oggetti in Relazionali





Sottoclassi

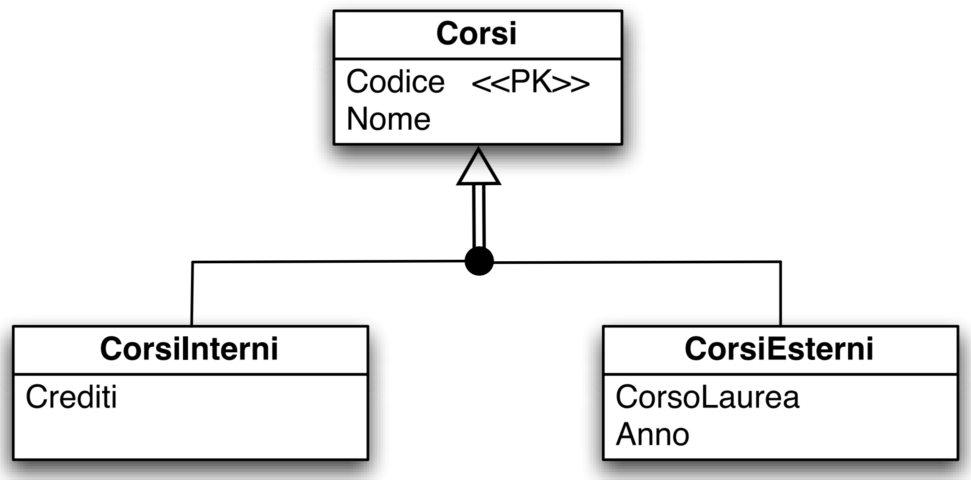
- Data la classe A (attr. X_A, chiave K_A) con sottoclassi B (attr. X_B) e C (attr. X_C)
- Tre possibili soluzioni
  - Relazione unica
    - $R(X_A, X_B, X_C, Discr)$
    - Discr indica la classe alla quale appartiene l'elemento
    - X_B e X_C possono avere valore nullo
  - Partizionamento verticale
    - $R_A(X_A)$: tutti gli elementi di A,
    - $R_B(X_B, K_A)$: attributi propri per gli elementi di B
    - $R_C(X_C, K_A)$: attributi propri per gli elementi di C

Sottoclassi

- Partizionamento orizzontale
  - $R_A(X_A)$: solo gli elementi di A - (B ∪ C)
  - $R_B(X_A, X_B)$: elementi di B (tutti gli attributi)
  - $R_C(X_A, X_C)$: elementi di C (tutti gli attributi)

Esempio

- Si consideri la gerarchia seguente:



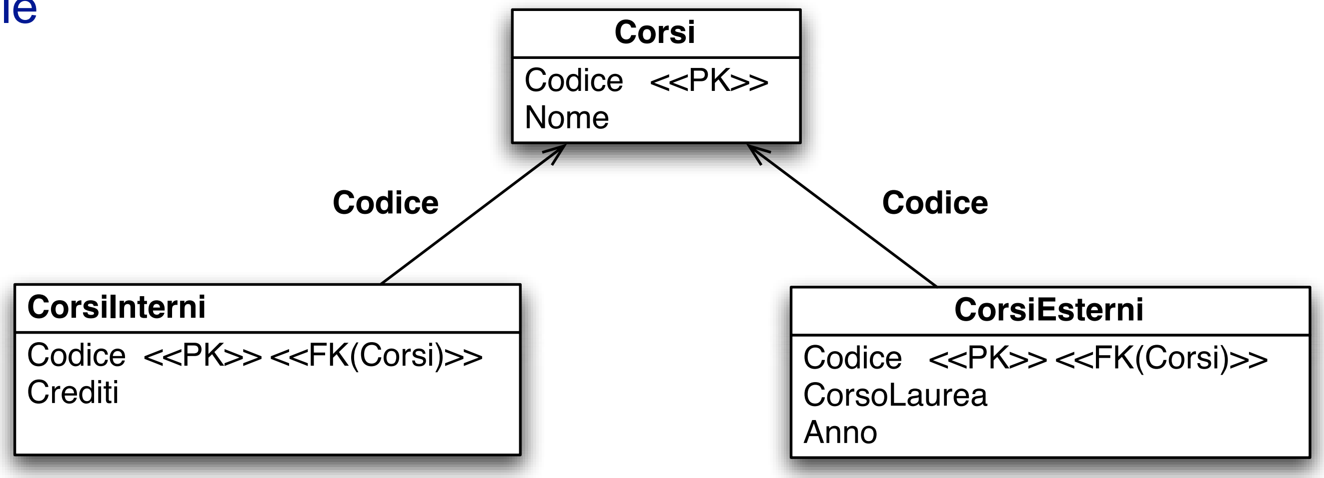
Relazione Unica

- L’attributo InterniEsterni svolge il ruolo di discriminatore

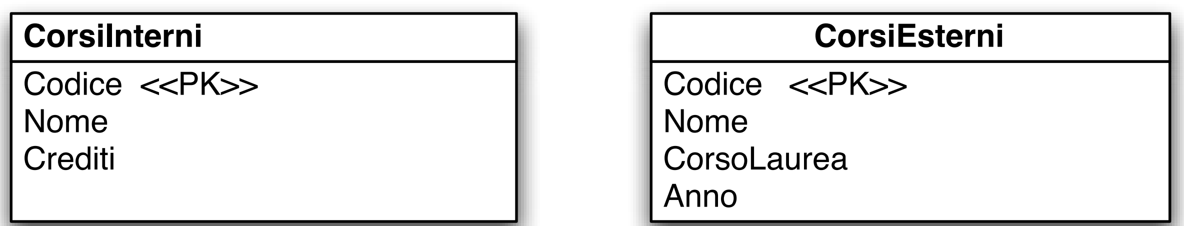
Corsi
Codice <<PK>>
Nome
Crediti
CorsoLaurea
Anno
InterniEsterni

Partizionamento

- Verticale



- Orizzontale



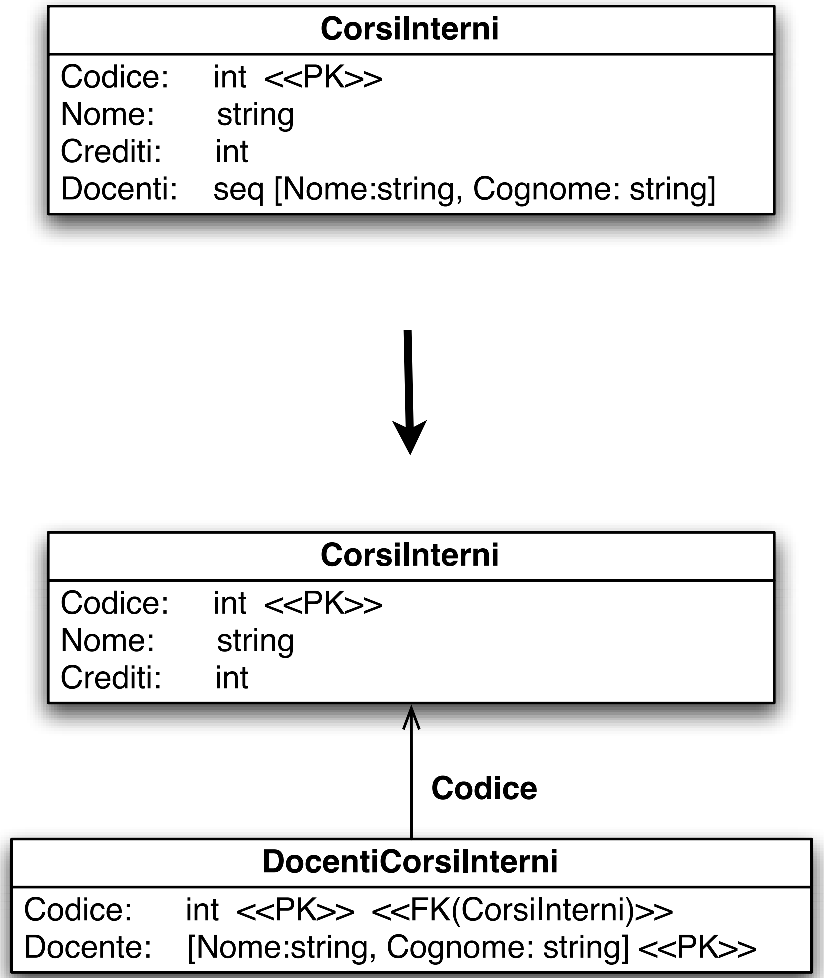
Come scegliere?

- **Relazione unica**
  - conveniente se le sottoclassi differiscono per pochi attributi
- **Partizionamento orizzontale**
  - complica la visita di tutti gli elementi della superclasse
  - divide la superclasse in più relazioni: sconsigliato se vi è una associazione entrante nella superclasse
  - problematico senza vincolo di disgiunzione
- **Partizionamento verticale**
  - complica il recupero di tutte le informazioni relative ad un'entità (distribuite in varie relazioni)

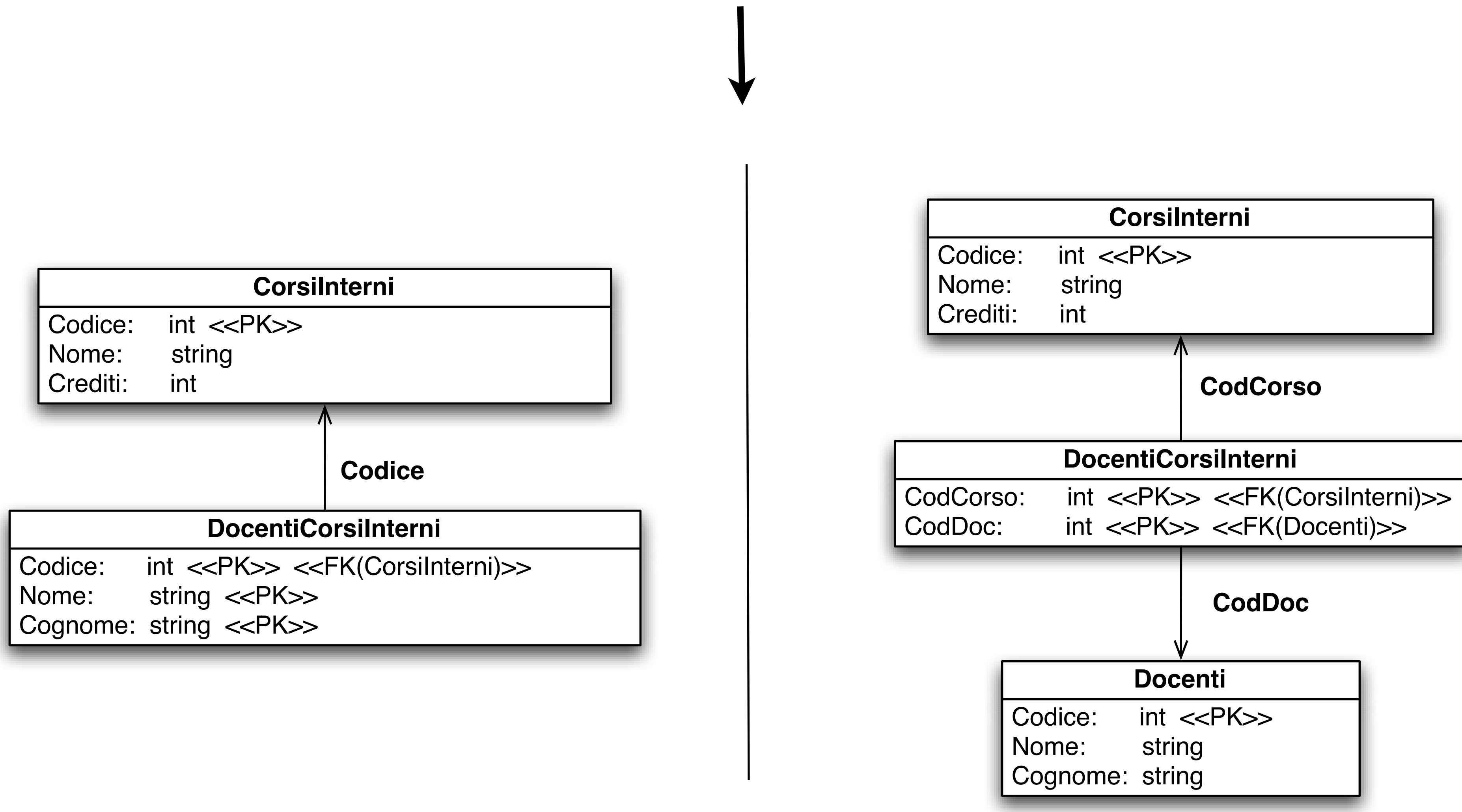
Definizioni delle chiavi primarie

- Relazioni corrispondenti a **classi radice** (prive di superclasse)
  - attributo univoco, totale, costante
  - attributo artificiale (chiave sintetica)
- Relazioni che corrispondono a **sottoclassi**
  - chiave della superclasse
- Relazioni per **associazioni N:M**
  - concatenazione delle chiavi esterne

Attributi Multivalore e Strutturati

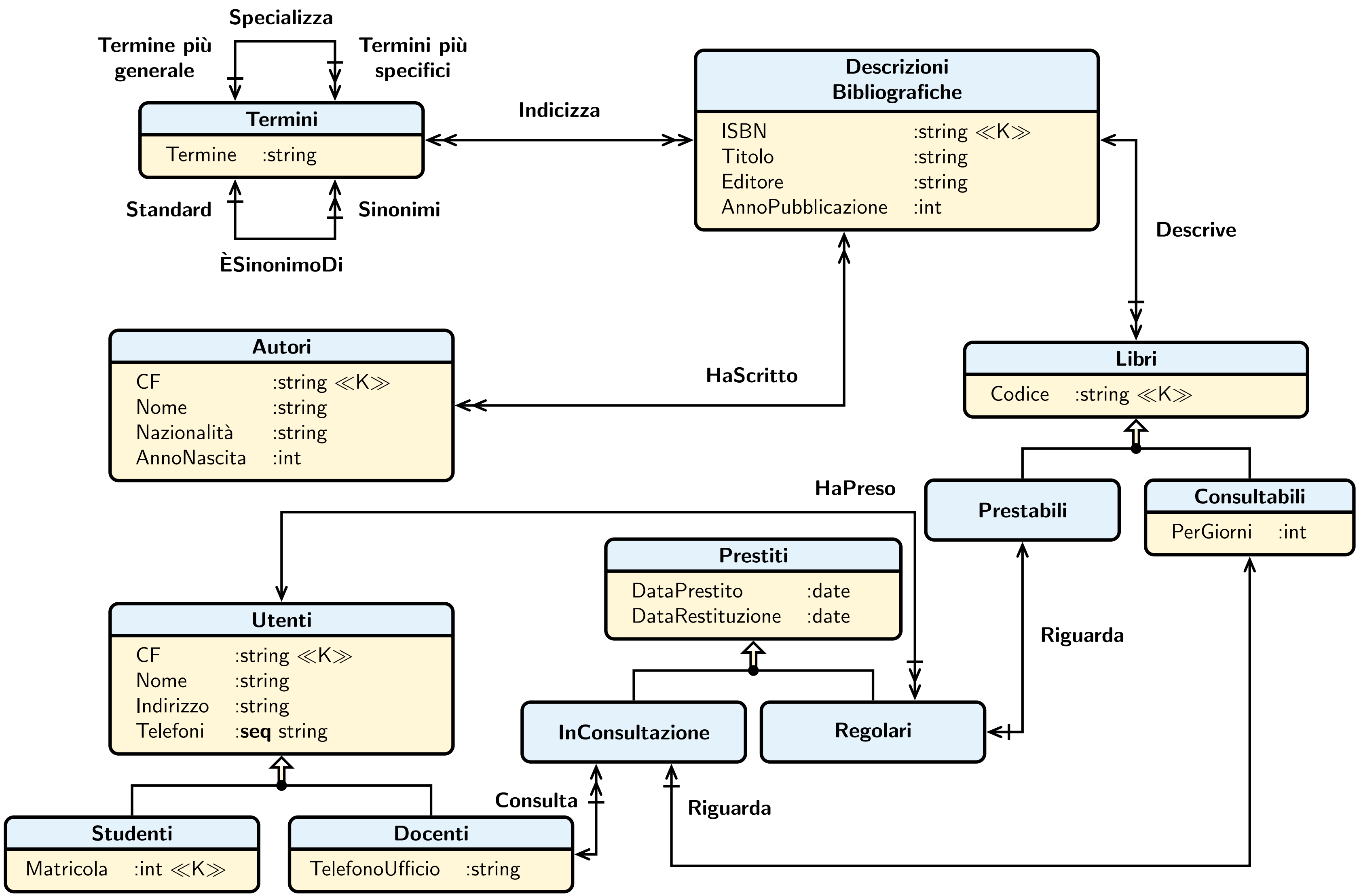


Attributi Multivalore e Composti (cont.)

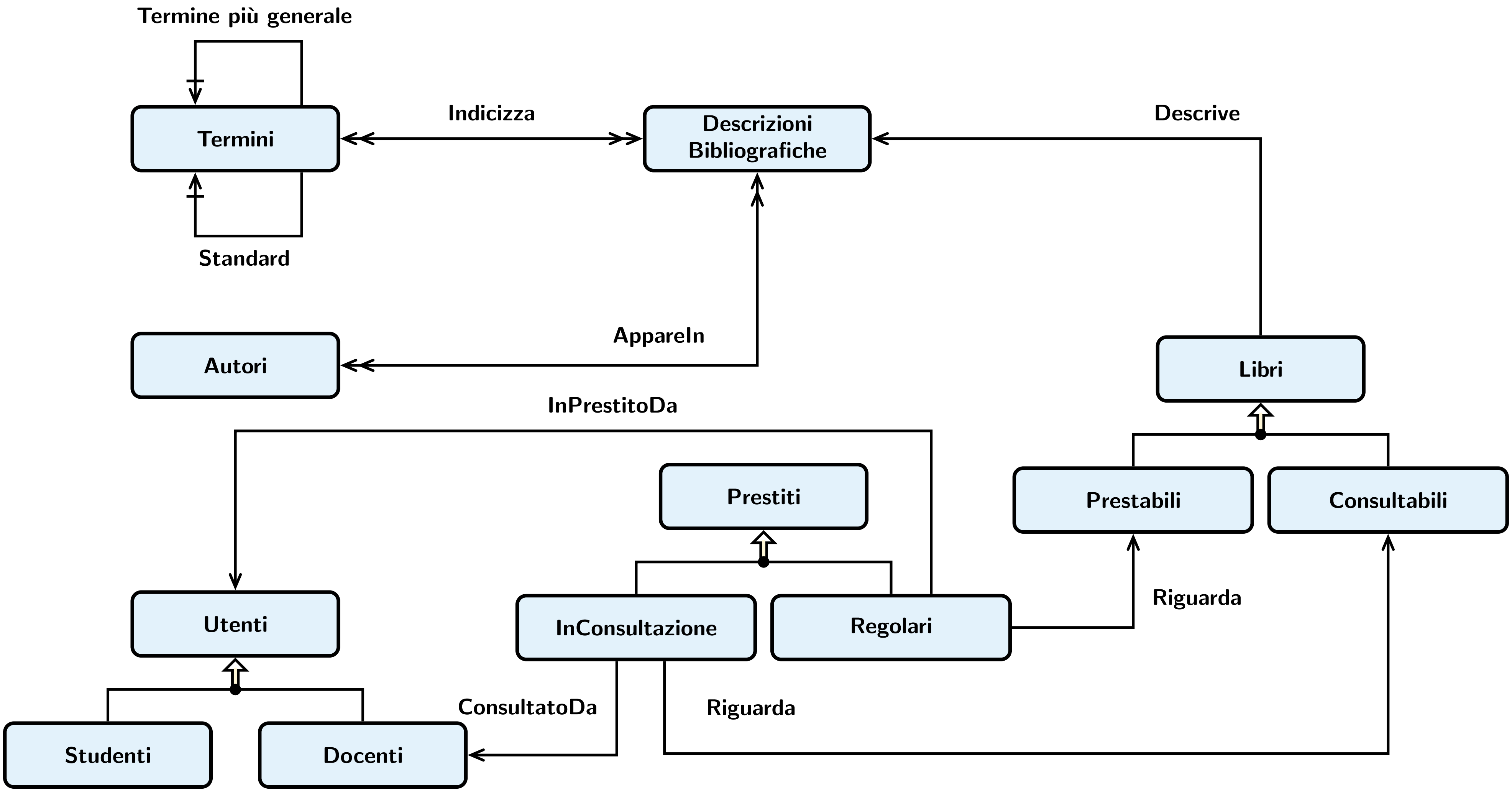


Un esempio:
BD per una Biblioteca

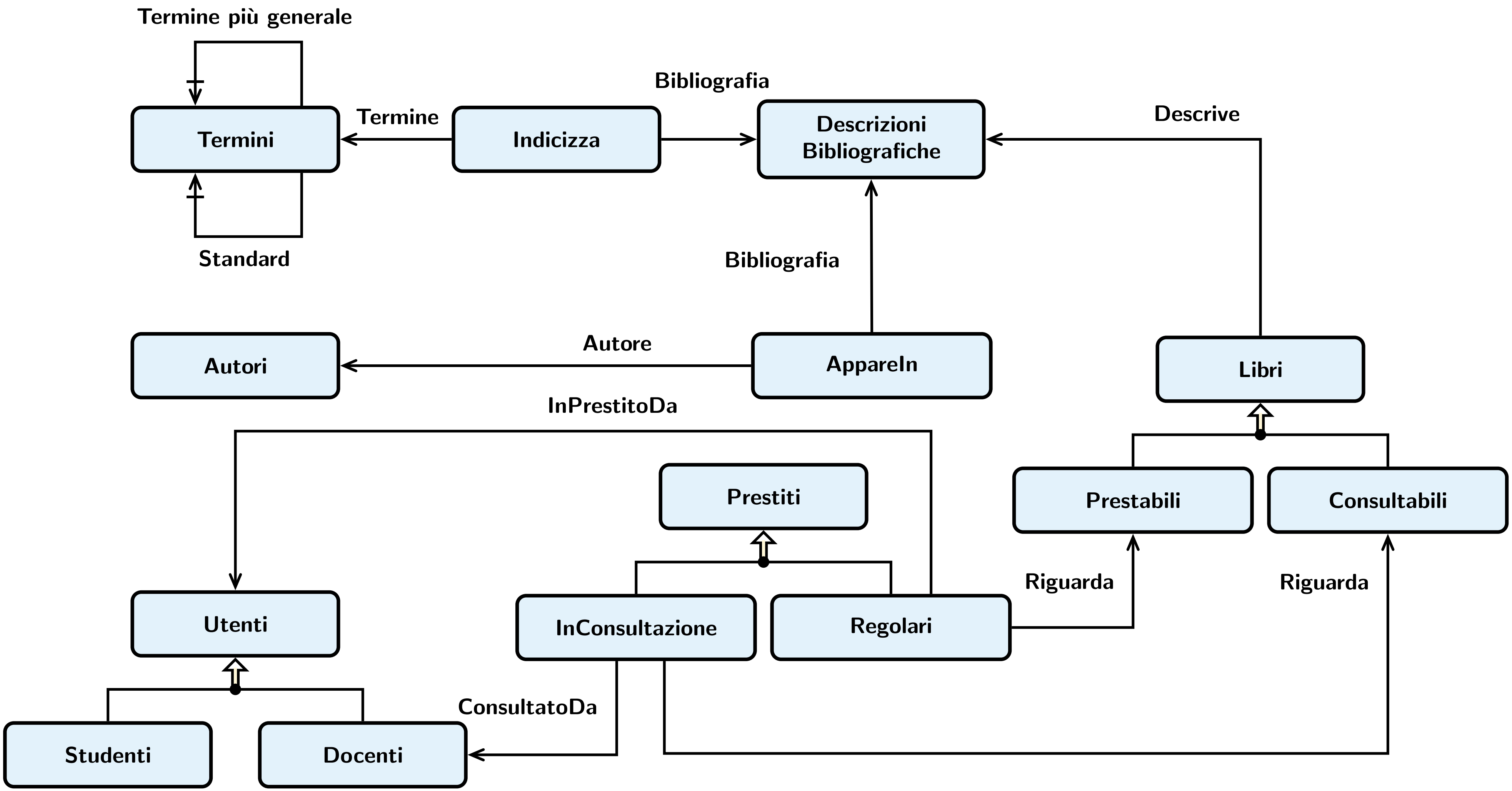
Modello concettuale



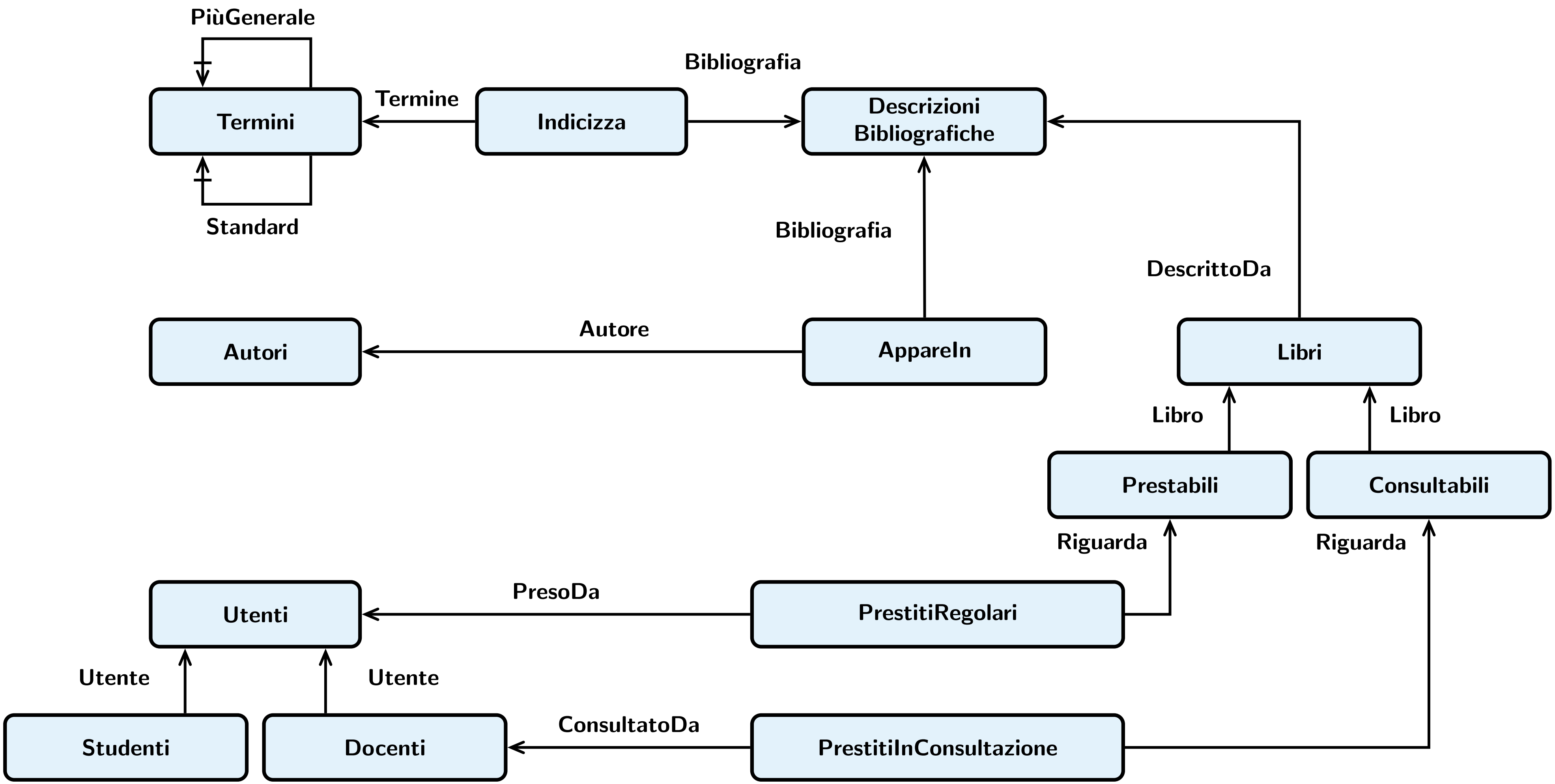
Schema Logico (Passo 1)



Schema Logico (Passo 2)



Schema Logico (Passo 3)



Schema delle relazioni (attributi, tipi, vincoli)

- Termini(<u>Termine</u>: string, PiùGenerale*: string, Standard*: string)
  - PK(Termine)
  - PiùGenerale FK(Termini), Standard FK(Termini)
- DescrizioneBib(<u>ISBN</u>: string, Titolo: string, Editore: string, Anno: int)
  - PK(ISBN)
- Indicizza (<u>Termine</u>*: string, <u>Bibliografia</u>*: string)
  - PK(Termine, Bibliografia)
  - Termine FK(Termini), Bibliografia FK(DescrizioniBib)
- Autori (<u>CF</u>: string, Nome: string, Nazionalita: string, DataNascita: date)
  - PK(CF)
- AppareIn(<u>Autore</u>*: int, <u>Bibliografia</u>*: string)
  - PK(Autore,Bibliografia)
  - Autore FK(Autori), Bibliografia FK(DescrizioniBib)

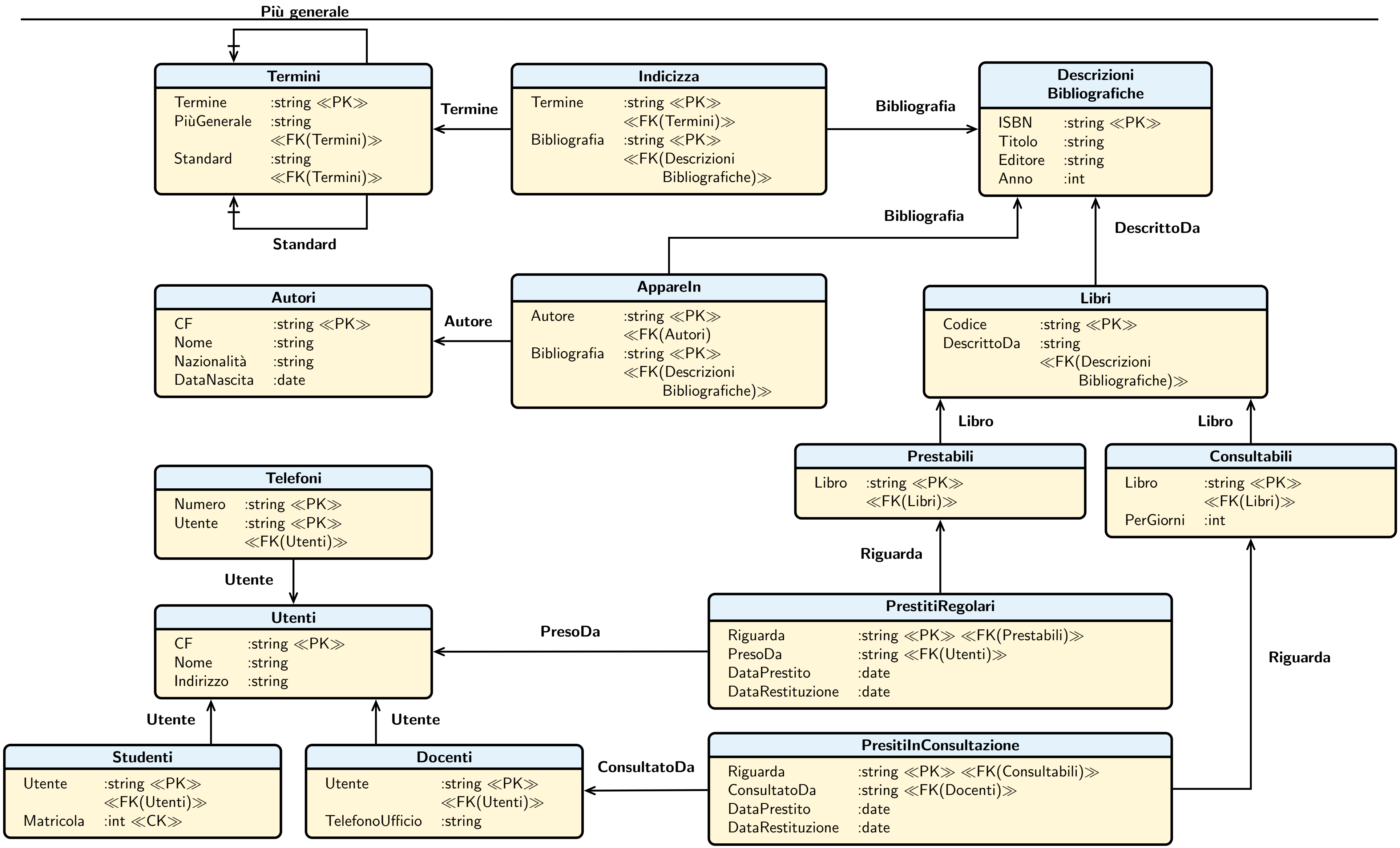
Schema delle relazioni (Cont.)

- Libri(Codice: string, DescrittoDa*: string)
  - PK(Codice)
  - DescrittoDa FK(DescrizioniBib)
- Consultabili(Libro*: string, PerGiorni: int)
  - PK(Libro)
  - Libro FK(Libri)
- Prestabili(Libro*: string)
  - PK(Libro)
  - Libro FK(Libri)
- Utenti (CF: int, Nome: string, Indirizzo: string)
  - PK(CF)
- Telefoni(Numero: string, Utente*: int)
  - PK(Numero,Utente)
  - Utente FK(Utenti)

Schema delle relazioni (Cont.)

- Studenti (<u>Utente</u>*: int, Matricola: string)
  - PK(Utente)
  - Utente FK(Utenti)
  - CK(Matricola)
- Docenti (<u>Utente</u>*: int, TelefonoUfficio: string)
  - PK(Utente)
  - Utente FK(Utenti)
- PrestitiRegolari(DataPrestito: date, DataRestituzione: date, PresoDa*: int, <u>Riguarda*</u>: string)
  - PK(Riguarda)
  - PresoDa FK(Utenti), Riguarda FK(Prestabili)
- PrestitiInConsultazione(DataPrestito: date, DataRestituzione: date, ConsultatoDa*: string, <u>Riguarda*</u>: string)
  - PK(Riguarda)
  - ConsultatoDa FK(Docenti), Riguarda FK(Consultabili)

Schema relazionale con attributi, tipi, vincoli



Linguaggi Relazionali

Linguaggi Relazionali

- **Algebra Relazionale**: insieme di operatori su relazioni che danno come risultato relazioni; si definiscono
  - operatori primitivi (ridenominazione, proiezione, unione e differenza, restrizione, prodotto)
  - operatori derivati (giunzioni, divisione, ...)
  - altri operatori (raggruppamento, order by, min, max)
  - Non si usa direttamente come linguaggio di interrogazione dei DBMS ma come rappresentazione interna delle interrogazioni.
- **Calcolo Relazionale**: linguaggio dichiarativo di tipo logico dal quale è stato derivato l'SQL.

Algebra relazionale

Notazione

- Data una **relazione R (A1: T1, ..., An: Tn)**
  - **Tipo**: {(A1: T1, ..., An: Tn)}
  - **Grado**: n
  - Data una ennupla t $\in$ R

    t.Ai valore dell'attributo Ai

- Nel modello di base:
  - relazioni come **insiemi** di ennuple
  - non si usa **NULL**

Algebra Relazionale: Ridenominazione

- **Ridenominazione (ρ)**

  Data una relazione R(X), con X insieme di attributi, $A \in X$ e $B \notin X$

  $$\rho_{A \leftarrow B}(R)$$

  relazione R dove A è ridenominato con B

  $$\rho_{A \leftarrow B}(R) = \{t \mid \exists u \in R \,.\, t.B = u.A \;\wedge\; \forall C \in X - \{A\} \,.\, t.C = u.C\}$$

- Grado della nuova relazione? Tipo? Cardinalità?

Algebra Relazionale: Unione e Differenza

R e **S** relazioni dello stesso tipo:

- **Unione (∪)**

$$R \cup S = \{t \mid t \in R \ \vee \ t \in S\}$$

- **Differenza (-)**

$$R - S = \{t \mid t \in R \ \wedge \ t \notin S\}$$

- Qual è il tipo del risultato? Quante ennuple contiene il risultato?

- Se t_1 è un'ennupla non in R , allora

$$R = (R \cup \{t_1\}) - \{t_1\}$$

Algebra Relazionale: Proiezione

- **Proiezione (π):** data R(X) con $\{A_1, ..., A_m\} \subseteq X$

$$\pi_{A_1,A_2,\ldots,A_m}(R)$$

"elimina" gli attributi diversi da A1, ..., Am

$$\pi_{A_1,\ldots,A_m}(R) = \{\langle t.A_1, \ldots, t.A_m \rangle \mid t \in R\}$$

- Qual è il tipo del risultato? Se R contiene n ennuple quante ne contiene il risultato?

Proprietà: se L1 e L2 sono insiemi di attributi con L1 $\subseteq$ L2

$$\pi_{L1}(\pi_{L2}(R)) = \pi_{L1}(R)$$

Proiezione: Esempi

- Sia data la relazione Studenti

Studenti

Nome	Cognome	Matricola	Anno	Provincia
Paolo	Verdi	71523	2005	VE
Anna	Rossi	76366	2006	PD
Giorgio	Zeri	71347	2005	VE
Chiara	Scuri	71346	2006	VE

- Trovare il nome, la matricola e la provincia degli studenti

Proioezione: Esempi

- Espressione nell'algebra

$$\pi_{\text{Nome, Matricola, Provincia}}(\text{Studenti})$$

Nome	**Matricola**	**Provincia**
Paolo	71523	VE
Anna	76366	PD
Giorgio	71347	VE
Chiara	71346	VE

$$\pi_{\text{Provincia}}(\text{Studenti}) \ ?$$

Algebra Relazionale: Restrizione

- **Restrizione (selezione) (σ)**

$$\sigma_{\phi}(R) = \{t \mid t \in R \ \wedge \ \phi(t)\}$$

relazione le cui ennuple sono le ennuple di R che soddisfano la Condizione ϕ

- Condizione ϕ è una combinazione proposizionale di (dis)uguaglianze e disequazioni tra attributi (o tra attributi e costanti)

$$\phi \ ::= \ A_i \, op \, A_j \ \mid \ A_i \, op \, c \ \mid \ \neg\phi \ \mid \ \phi \wedge \phi \ \mid \ \phi \vee \phi$$

dove **op** è un operatore di confronto.

- La condizione riguarda attributi di **singole ennuple**

Algebra Relazionale: Restrizione (cont.)

- Qual è il tipo del risultato? Se R contiene n ennuple quante ne ha il risultato?

- Commutativa:

$$\sigma_{C_1}(\sigma_{C_2}(R)) = \sigma_{C_1 \wedge C_2}(R) = \sigma_{C_2}(\sigma_{C_1}(R))$$

Restrizione: Esempi

- Trovare i dati degli studenti della provincia di Venezia:

$\sigma_{\text{Provincia = 'VE'}}$ (Studenti)

Nome	**Cognome**	**<u>Matricola</u>**	**Anno**	**Provincia**
Paolo	Verdi	71523	2005	VE
Giorgio	Zeri	71347	2005	VE
Chiara	Scuri	71346	2006	VE

- Trovare il nome, la matricola e l'anno di iscrizione degli studenti di Venezia:

$\pi_{\text{Nome,Matricola,Anno}}$ ($\sigma_{\text{Provincia = 'VE'}}$ (Studenti))

Nome	**<u>Matricola</u>**	**Anno**
Paolo	71523	2005
Giorgio	71347	2005
Chiara	71346	2006

Algebra Relazionale: Prodotto

- **Prodotto (×)**

$$R \times S$$

  - R e S con attributi distinti A1, ..., An, e B1, ..., Bm
  - ennuple ottenute concatenando ennuple di R e ennuple di S
  - $R \times S = \{\langle t.A_1, \ldots, t.A_n, u.B_1, \ldots, u.B_m \rangle \mid t \in R \ \wedge \ u \in S\}$

- Qual è il tipo del risultato? Se R e S contengono n e m ennuple quante ne contiene il risultato?

Prodotto: Esempio

A	B
a1	b1
a2	b2

$\times$

C	D
c1	d1
c2	d2
c3	d3

$=$

A	B	C	D
a1	b1	c1	d1
a1	b1	c2	d2
a1	b1	c3	d3
a2	b2	c1	d1
a2	b2	c2	d2
a2	b2	c3	d3

Algebra Relazionale: Esempi

- Qual è il risultato di Studenti × Esami ?

Studenti

Nome	Cognome	Matricola	Anno	Provincia
Paolo	Verdi	71523	2005	VE
Anna	Rossi	76366	2006	PD
Giorgio	Zeri	71347	2005	VE
Chiara	Scuri	71346	2006	VE

Esami

Codice	Materia	Candidato*	Data	Voto	Lode
B112	BD	71523	08.07.06	27	N
F31	FIS	76366	08.07.07	26	N
B247	BD	76366	28.12.06	28	S

Algebra Relazionale: Esempi

- Trovare il nome degli studenti che hanno superato l'esame di BD con 30

$$\pi_{\mathsf{Nome}}(\sigma_{\mathsf{Materia}='BD' \wedge \mathsf{Voto}=30}(\sigma_{\mathsf{Matricola}=\mathsf{Candidato}}(\mathsf{Studenti} \times \mathsf{Esami})))$$

- si introduce un operatore derivato: la giunzione!

$$\pi_{\mathsf{Nome}}(\sigma_{\mathsf{Materia} = '\mathsf{BD}' \wedge \mathsf{Voto} = 30}(\mathsf{Studenti} \underset{\mathsf{Matricola}=\mathsf{Candidato}}{\bowtie} \mathsf{Esami}))$$

Operatori derivati: Giunzione (o Join)

- **Giunzione**: Utile per "combinare" informazioni di relazioni correlate

$$R \underset{A_i=B_j}{\bowtie} S$$

  - R e S con attributi distinti A1, ..., An, e B1, ..., Bm
  - ovvero

$$R \underset{A_i=B_j}{\bowtie} S = \sigma_{A_i=B_j}(R \times S)$$

$$\{\langle t.A_1, \ldots, t.A_n, u.B_1, \ldots, u.B_m \rangle \mid t \in R \ \wedge \ u \in S \wedge t.A_i = u.B_j\}$$

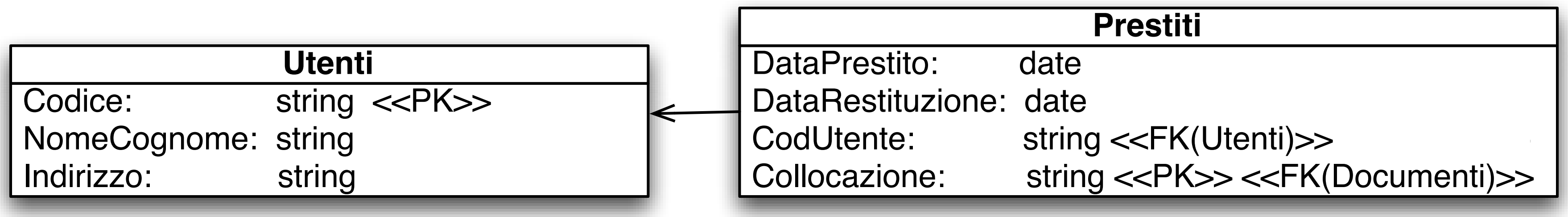
- **Giunzione naturale**

$$R \bowtie S$$

Esempio

- Giunzione

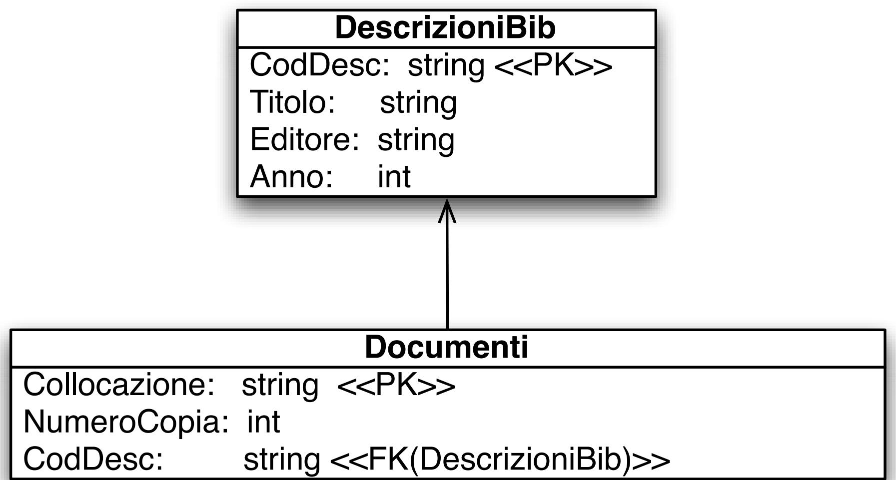
$$\text{Utenti} \bowtie_{\text{Codice}=\text{CodUtente}} \text{Prestiti}$$



Esempio

- Giunzione naturale

$$\text{Documenti} \bowtie \text{DescrizioniBib}$$



Operatori Derivati: intersezione

- **Giunzione esterna**

- **Intersezione**

$$R \cap S$$

esprimibile come

$$R - (R - S)$$

Operatori Derivati: Divisione

- **Divisione**: date le relazioni R(XY) e S(Y) si vuole produrre una relazione T(X) tale che una ennupla t è in T se e solo se per ogni s in S la ennupla <t, s> appare in R.

$$R \div S$$

- **Esempio**: matricola degli studenti che hanno fatto tutti gli esami che ha fatto Anna Rossi (matr. 76366).
  - esami di Anna Rossi:

$$ES\_AR = \pi_{\mathsf{Materia}}(\sigma_{\mathsf{Candidato}='76366'}(\mathsf{Esami}))$$

  - esami studenti con matricola

$$ES = \pi_{\mathsf{Candidato,Materia}}(\mathsf{Esami})$$

Operatori derivati: Divisione (cont.)

- il risultato desiderato è quindi

$$ES \div ES\_AR$$

- Usato per query che coinvolgono quantificazione universale

- Esprimibile come

$$\pi_X(R) - \pi_X((\pi_X(R) \times S) - R)$$

Esercizio

- Query per
  - studenti che hanno fatto un sottoinsieme degli esami di Anna Rossi
  - studenti che hanno fatto esattamente gli esami di Anna Rossi

Altri Operatori

- **Proiezione generalizzata**

$$\pi_{Exp_1\ \mathbf{AS}\ A_1, Exp_2\ \mathbf{AS}\ A_2, \ldots, Exp_n\ \mathbf{AS}\ A_n}(R)$$

- Le espressioni Exp_i possono comprendere attributi, costanti, e operazioni su di essi

- **Esempio**: data una relazione Utente(Codice,SalarioLordo,Trattenute, ...)

$$\pi_{\text{Codice, SalarioLordo}-\text{Trattenute}\ AS\ \text{Stipendio}}(\text{Utente})$$

Funzioni di aggregazione

- Le funzioni di aggregazione hanno come argomenti multinsiemi e ritornano come risultato un valore.
- sum ritorna la somma degli elementi
- avg ritorna la media degli elementi
- count ritorna il numero degli elementi
- min e max ritornano il minimo e il massimo valore degli elementi
- Se si vuole ignorare eventuali duplicati, si estende il nome della funzione con la stringa "-distinct"

Altri Operatori (cont.)

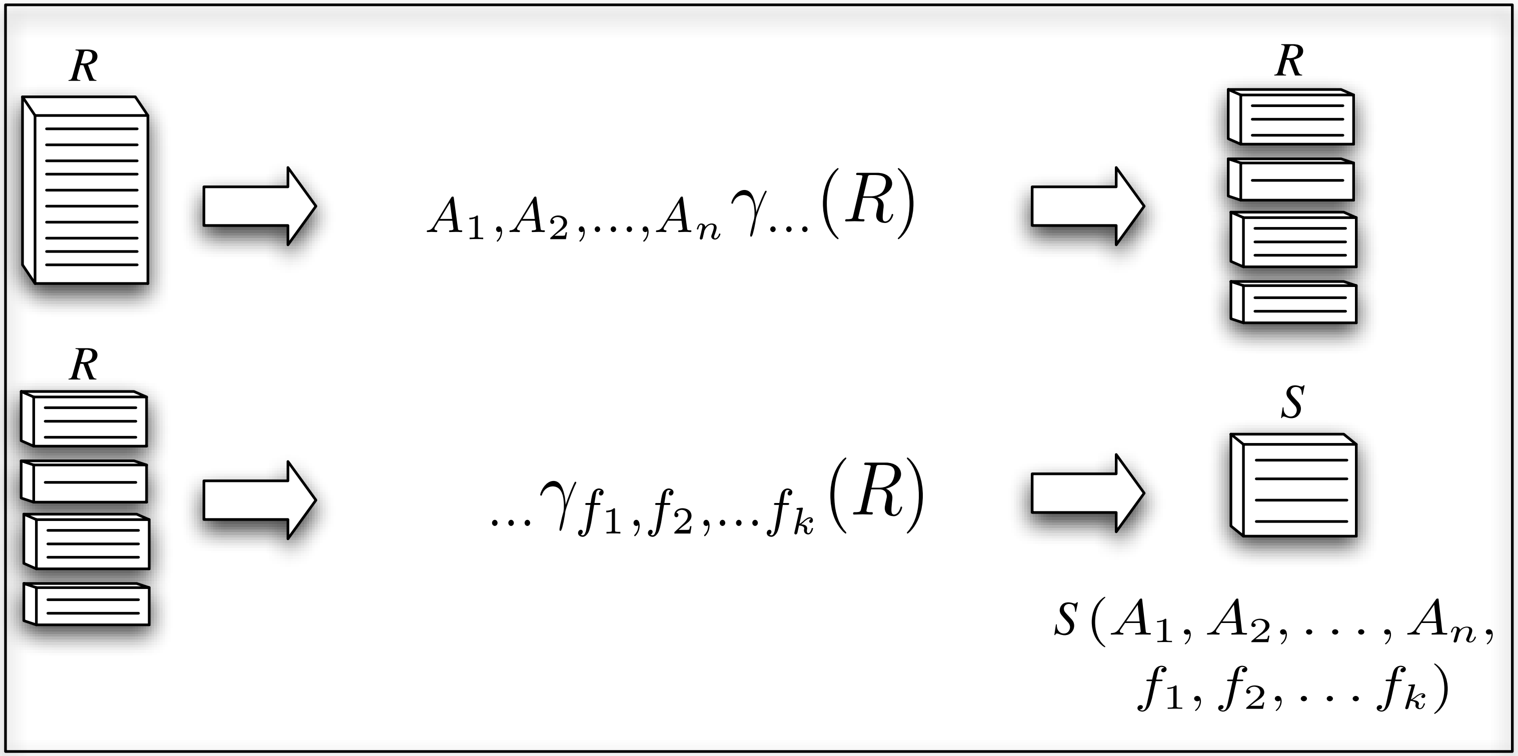
- Raggruppamento (γ)

$$_{A_1,A_2,\ldots,A_n}\gamma_{f_1,f_2,\ldots f_k}(R)$$

dove gli A_i sono attributi di R e le f_i sono espressioni che usano funzioni di aggregazione (min, max, count, sum, avg, ...)

Significato del raggruppamento (γ)

$$S = {}_{A_1,A_2,\ldots,A_n}\gamma_{f_1,f_2,\ldots f_k}(R)$$



Esecuzione del raggruppamento

- Trovare per ogni candidato il numero degli esami, il voto minimo, massimo e medio

$$_{\text{Candidato}}\gamma_{\text{count}(*),\ \text{min}(\text{Voto}),\ \text{max}(\text{Voto}),\ \text{avg}(\text{Voto})}(\text{Esami})$$

Materia	Candidato	Data	Voto	Lode
BD	71523	08.07.06	20	N
FIS	76366	08.07.07	26	N
ASD	71523	28.12.06	30	S
BD	76366	28.12.06	28	N

Esecuzione del raggruppamento (cont.)

- raggruppamento

Materia	Candidato	Data	Voto	Lode
BD	71523	08.07.06	20	N
ASD	71523	28.12.06	30	S
FIS	76366	08.07.07	26	N
BD	76366	28.12.06	28	N

- calcolo delle funzioni

Candidato	Count(*)	min(Voto)	max(Voto)	avg(Voto)
71523	2	20	30	25
76366	2	26	28	27

Algebra relazionale su multinsiemi

- Proiezione senza l'eliminazione dei duplicati (multinsiemistica)

$$\pi^b_{A_1,A_2,\ldots,A_n}(O)$$

- Eliminazione di duplicati

$$\delta(O)$$

- Ordinamento $A_1, A_2, \ldots, A_n$ attributi di O

$$\tau_{A_1,A_2,\ldots,A_n}(O)$$

- Unione, Intersezione e Differenza

$$O_1 \cup^b O_2, O_1 \cap^b O_2, O_1 -^b O_2$$

Unione, Intersezione e Differenza di multinsiemi

Sia t una ennupla che appare n volte in O_1 e m volte in O_2, allora

- t appare n+m volte nel multinsieme $O_1 \cup^b O_2$
- t appare min{n, m} volte nel multinsieme $O_1 \cap^b O_2$
- t appare max{0, n - m} volte nel multinsieme $O_1 -^b O_2$

Trasformazioni Algebriche

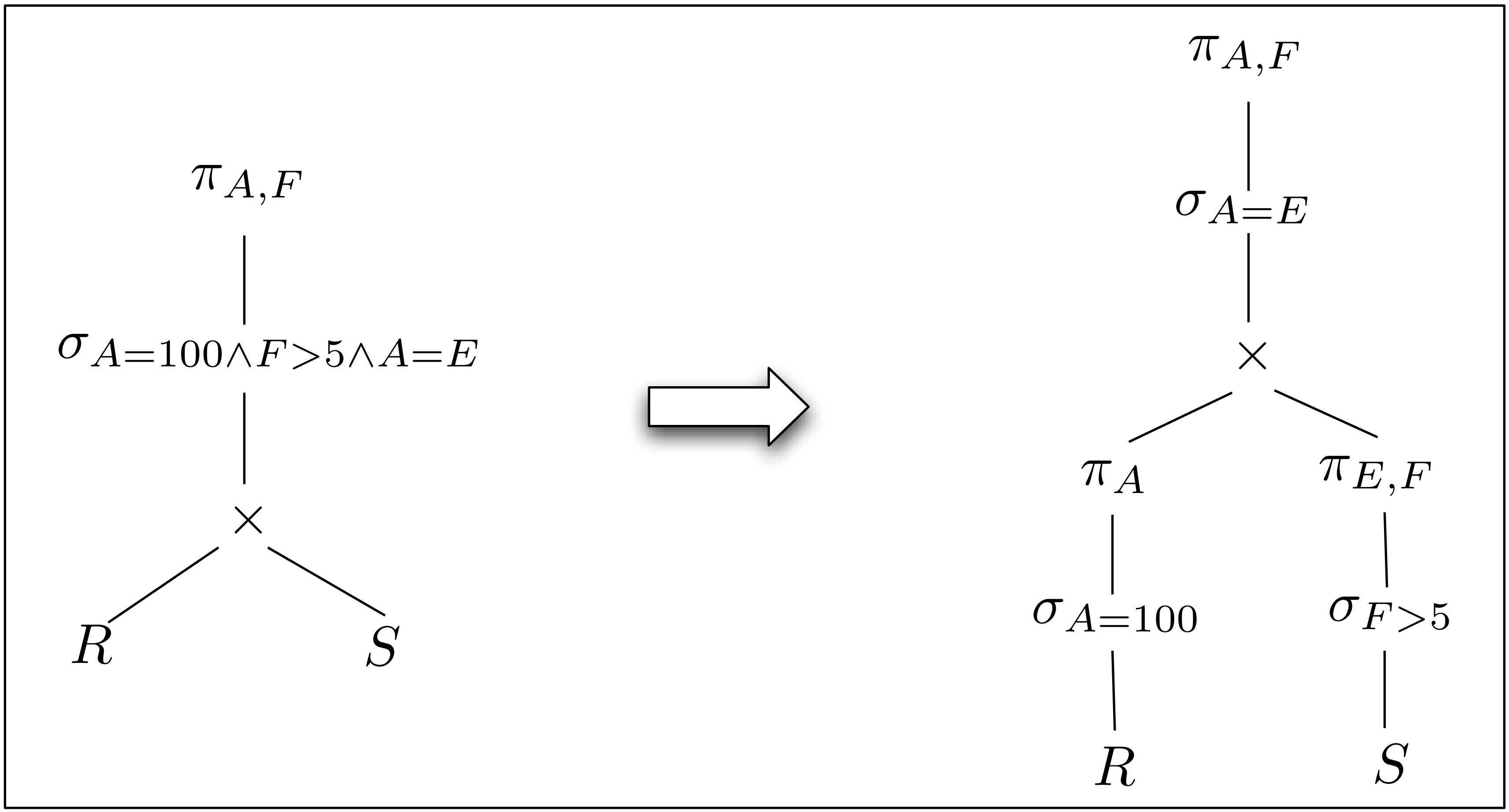
- Basate su regole di equivalenza fra espressione algebriche
- Consentono di scegliere diversi ordini di join e di anticipare proiezioni e restrizioni.
- Alcuni esempi con la relazione R(A, B, C, D):

$$
\begin{aligned}
&\pi_A(\pi_{A,B}(R)) \equiv \pi_A(R) \\
&\sigma_{C_1}(\sigma_{C_2}(R)) \equiv \sigma_{C_1 \wedge C_2}(R) \\
&\sigma_{C_1 \wedge C_2}(R \times S) \equiv \sigma_{C_1}(R) \times \sigma_{C_2}(S) \\
&R \times (S \times T) \equiv (R \times S) \times T \\
&(R \times S) \equiv (S \times R) \\
&\sigma_C({}_X\gamma_F(R)) \equiv_X \gamma_F(\sigma_C(R))
\end{aligned}
$$

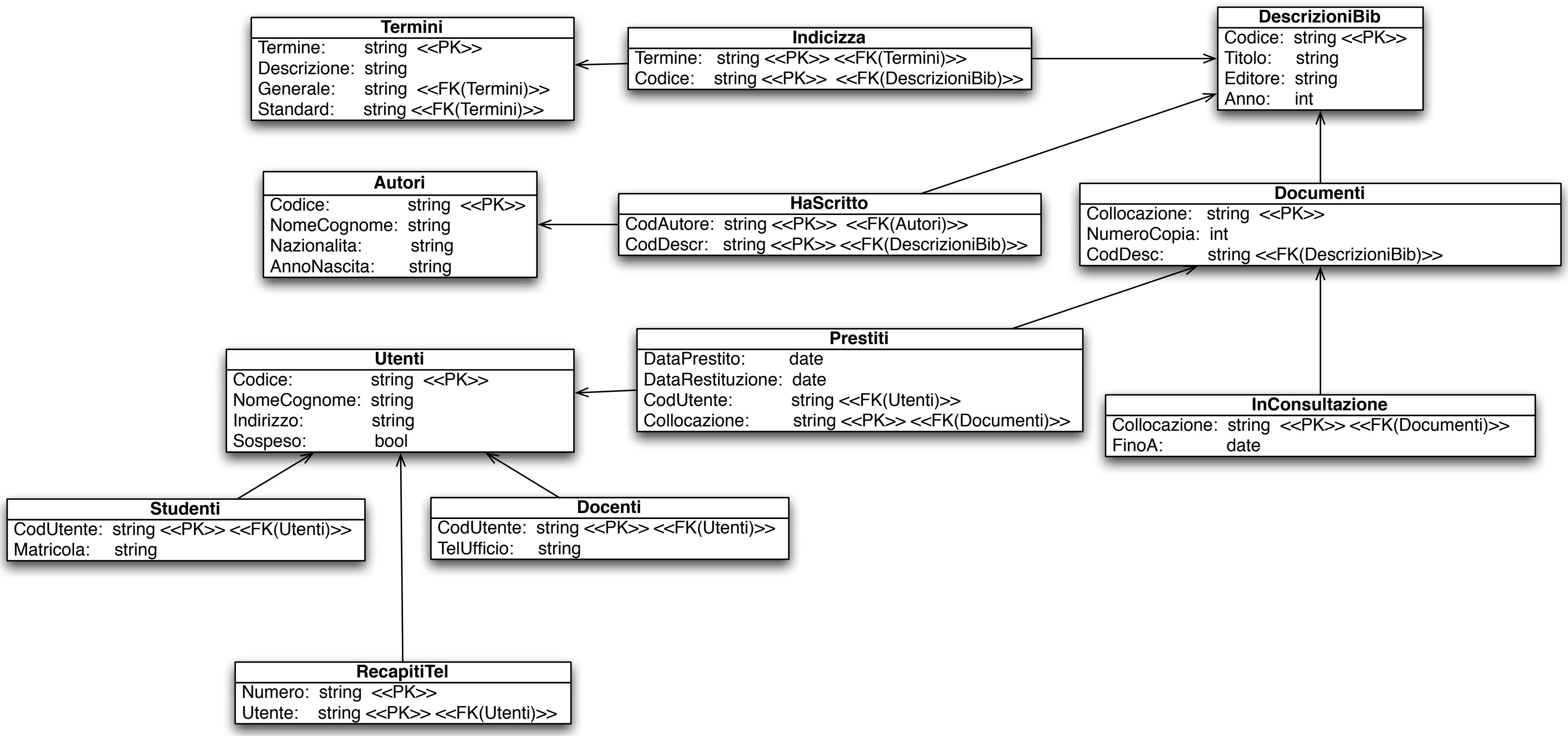
Alberi Logici e Trasformazioni Algebriche

- Consideriamo le relazioni R(A, B, C, D) e S(E, F, G) e l'espressione:

$$\pi_{A,F}(\sigma_{A=100 \land F>5 \land A=E}(R \times S))$$



Esempio: Biblioteca (semplificato)



Query sulla biblioteca

- Titolo e collocazione di tutti i documenti in prestito.

- Nome e Cognome degli utenti che hanno documenti in prestito.

Query sulla biblioteca

- Codice, Nome e Cognome di tutti gli utenti che:
  - sono studenti e hanno matricola < 7000
  - sono docenti e hanno numero di telefono tra 1200 e 1300.

- Gli utenti (tutti gli attributi) che non hanno in prestito nessun libro.

Query sulla biblioteca (cont.)

- Codice degli utenti che hanno in prestito solo libri di fisica (si legga libro di fisica come documento la cui descrizione bibliografica è indicizzata da un termine che ha come standard “Fisica”). Si vuole una copia per ciascuna descrizione bibliografica.

Query sulla biblioteca (cont.)

- Codice degli utenti che hanno in prestito tutti i libri di fisica. Si vuole una copia per ciascuna descrizione bibliografica.

- Codice degli utenti che hanno in prestito tutti e soli i libri di fisica. Si vuole una copia per ciascuna descrizione bibliografica.

Query sulla biblioteca (cont.)

- Nome, Cognome e Codice degli utenti che hanno in prestito più di tre libri.

- Codice, Nome e Cognome degli autori che hanno scritto il massimo numero di libri.

Calcolo Relazionale

Calcolo relazionale

- L'algebra relazionale non è l'unico linguaggio formale di interrogazione per DB relazionali; un'alternativa è il **calcolo relazionale** (CR), del quale esistono due varianti:
  - **calcolo relazionale su ennuple** (CRE)
  - **calcolo relazionale su domini** (CRD)

Completezza Relazionale

- AR, CRE e CRD sono espressivamente equivalenti: ogni interrogazione esprimibile nell'uno è anche esprimibile negli altri.
- Un linguaggio relazionale espressivamente equivalente all'AR, al CRE e al CRD è detto **relazionalmente completo**
- i linguaggi dei DBMSs commerciali sono in genere non solo relazionalmente completi, ma anche di più ... in quanto includono anche altre funzionalità (e.g. aggregazione, raggruppamento, operazioni aritmetiche…).

Differenze fra AR e CR

- AR è un linguaggio **procedurale**
  - un'interrogazione è una espressione che specifica, oltre a cosa va recuperato, le operazioni necessarie a recuperarlo;
- CR è un linguaggio **dichiarativo**
  - un'interrogazione è un'espressione che specifica cosa va recuperato, ma non come recuperarlo.
  - le operazioni da eseguire e la loro sequenzializzazione sono decise dal DBMS.
- Praticamente tutti i linguaggi dei DBMS relazionali commerciali sono implementazioni (più o meno fedeli ...) del CR; ad esempio SQL ~ CRE

Logica del prim'ordine

- termini: denotano individui (elementi del dominio di interesse)

$$t ::= c \mid x \mid f(t_1, \ldots, t_n)$$

  - c costante
  - x variabile
  - f simbolo di funzione

- formule: denotano valori di verità (T o F);

$$\phi ::= p(t_1, \ldots, t_n) \mid \neg\phi \mid \phi_1 \wedge \phi_2 \mid \phi_1 \rightarrow \phi_2 \mid \forall x.\phi \mid \exists x.\phi$$

  - p simbolo di predicato n-ario

Calcolo Relazionale su ennuple

- Il CRE usa la logica del prim'ordine, interpretata su un dominio i cui elementi sono le ennuple della BD, per esprimere le interrogazioni

- costanti e le variabili sono di tipo ennupla.

- Esempio di interrogazione:
  Nomi e cognomi degli studenti che hanno superato almeno un esame:

$$\{t.\mathsf{Nome},\ t.\mathsf{Cognome} \mid t \in \mathsf{Studenti} \wedge \exists e \in \mathsf{Esami}.(t.\mathsf{Matricola} = e.\mathsf{Candidato})\}$$

Calcolo Relazionale su ennuple

- Un'interrogazione del CRE è un'espressione del tipo

$$\{ t_{i1}.A_1, \ldots, t_{im}.A_m \mid \phi(t_1,\ldots t_n) \}$$

dove

- t_i variabili ennupla (il cui tipo, i.e. a quali relazioni appartengono, sarà indicato in ϕ);
- A_i simboli di funzione di tipo attributo ($t_i.A_i$ è una notazione alternativa per $A_i(t_i)$);
- $\phi(t_1,\ldots t_n)$ è una formula del prim'ordine in cui
  - le variabili $t_1,\ldots t_n$ occorrono libere
  - il risultato è l'insieme delle ennuple $< t_{i1}.A_1, \ldots, t_{im}.A_m >$ tali che $\phi(t_1,\ldots t_n)$ è vera.

Calcolo Relazionale su ennuple

- Le formule atomiche possono essere
  - formule di tipo

$$t \in \text{Studenti} \qquad\qquad e \in \text{Esami}$$

dichiara che t appartiene all'estensione corrente di Studente: quindi in ogni espressione t.A nell'interrogazione, A deve essere un attributo di Studente;

  - formule di confronto fra valori di attributi

$$t.\text{Matricola} = e.\text{Candidato}$$

  - formule di confronto fra il valore di un attributo e un valore costante

$$t.\text{Provincia} = '\text{VE}'$$

Esprimibilità dell'AR in CRE

- Restrizione

  $\sigma_{Provincia='VE'}(Studenti)$

  $\{ t \mid t \in Studenti \wedge t.Provincia = 'VE' \}$

- Proiezione

  $\pi_{Nome,Cognome}(Studenti)$

  $\{ t.Nome, t.Cognome \mid t \in Studenti \}$

- Unione

  $Studenti \cup Docenti$

  $\{ t \mid t \in Studenti \vee t \in Docenti \}$

Esprimibilità dell'AR in CRE (cont.)

- Differenza

  Studenti − Docenti

  $\{ t \mid t \in \text{Studenti} \wedge \neg (t \in \text{Docenti}) \}$

- Prodotto

  Studenti x Esami

  $\{ s, e \mid s \in \text{Studenti} \wedge e \in \text{Esami} \}$

- Intersezione

  Studenti ∩ Docenti

  $\{ t \mid t \in \text{Studenti} \wedge t \in \text{Docenti} \}$

Esercizi

- Esprimere nel calcolo relazionale
  - giunzione;
  - giunzione naturale;
  - Ridenominazione.