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

- **int**, **real**, **boolean** e **string** sono tipi **primitivi**;
- se T_1, ..., T_n sono tipi primitivi, e A_1, ..., A_n sono etichette distinte, dette **attributi**, allora ($A_1 : T_1$, ..., $A_n : T_n$) è un **tipo ennupla** di grado n. L'ordine degli attributi non è significativo.
- se T è un tipo ennupla,
  - {T} è il tipo relazione e
  - R:{T} è lo **schema della relazione** R;
- lo **schema di una base di dati** è un insieme di schemi di relazione Ri:{Ti};
- un'**istanza** di uno schema R:{T} è un insieme finito di ennuple di tipo T.

Per brevità invece di R:{T} si scriverà R(T).

A. Albano, G. Ghelli, R.Orsini
Fondamenti di basi di dati, Zanichelli, 2005

ATTENZIONE

Due schemi di relazioni: R(A :int, B :string) e S(B :string, A :int)

Quando due tipi ennupla, due ennuple, due tipi relazioni o due relazioni sono uguali?

Due tipi **ennupla sono uguali** se e solo se hanno uguale grado, gli attributi e il tipo degli attributi con lo stesso nome.

Due ennuple dello **stesso tipo** sono **uguali** se e solo se hanno lo stesso insieme di coppie (Attributo, Valore)

Due tipi relazioni **sono uguali** se hanno lo stesso **tipo ennupla**.

Due relazioni dello stesso tipo **sono uguali** se hanno ennuple uguali.

ESEMPI

Due schemi di relazioni: R(A :int, B :string) e S(B :string, A :int)

Tipo ennupla di R ? **(A :int, B :string)** Tipo di R ? **{(A :int, B :string)}**

Tipo ennupla di S ? **(B :string, A :int)** Tipo di S ? **{(B :string, A :int)}**

Tipo ennupla di R = Tipo ennupla di S ? Tipo di R = Tipo di S ?

Una ennupla di R ? (A := 3, B := 'caio') Una ennupla di S ? (B := 'caio', A := 3)

(A := 3, B := 'caio') = (B := 'caio', A := 3) ?

{ (A := 3, B := 'caio'),
(A := 4, B := 'tizio') } = { (B := 'tizio', A := 4),
(B := 'caio', A := 3)} ?

ISTANZA DI RELAZIONE

Schema di relazione: R(A :int, B :string)

Un'**istanza** di R è un insieme finito di ennuple di tipo **(A :int, B :string)**

R = { (A := 10, B := "Mario")
, (A := 18, B := "Giovanna")
, (A := 77, B := "Luca")
, (A := 18, B := "Francesco")
, (A := 14, B := "Carla")
}

R

A	**B**
10	Mario
18	Giovanna
77	Luca
18	Francesco
14	Carla

CHIAVI ED ASSOCIAZIONI

Chiave

Chiave primaria: una delle chiavi, in genere con meno attributi

Studenti(<u>Matricola</u> :int, Nome :String, Indirizzo :string)

Esempi di **chiavi**: (Matricola) e (Nome,Indirizzo)

Chiave esterna

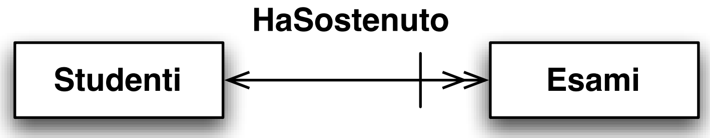
Esami(<u>Materia</u> :string, <u>Candidato*</u> :int, Voto :int, Data :string) più precisamente

Esami(**<u>Materia</u>** :string, **<u>Candidato</u>** *Studenti :int, Voto :int, Data :string)

Associazioni ?

A. Albano, G. Ghelli, R.Orsini
Fondamenti di basi di dati, Zanichelli, 2005

ESEMPIO

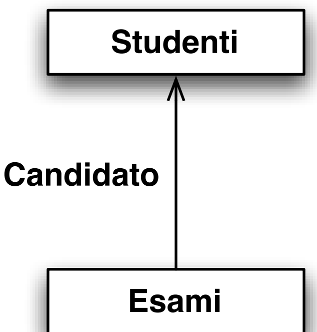


Schema:

Studenti(Nome :string, <u>Matricola</u> :int, Provincia :string, AnnoNascita :int)

Esami(<u>Materia</u> :string, <u>Candidato*</u> :int, Voto :int, Data :string)

Relazioni



Studenti

Nome	<u>Matricola</u>	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Rossi	167459	LU	1980
Bianchi	179856	LI	1981
Bonini	175649	PI	1982

Esami

<u>Materia</u>	<u>Candidato</u>	Voto	Data
BD	171523	20	12/01/05
ALG	167459	30	15/09/05
MP	171523	30	25/10/05
IS	167459	20	10/10/05

ESEMPIO: ALTRE SOLUZIONI

Studenti(Nome :string, Matricola :int, Provincia :string, AnnoNascita :int)

Esami(Numero :int, Materia :int, Candidato* :int, Data :string, Voto :int)

Studenti(Nome :string, Matricola :int, Provincia :string, AnnoNascita :int, Esame* :int)

Esami(Numero :int, Materia :string, Data :string, Voto :int)

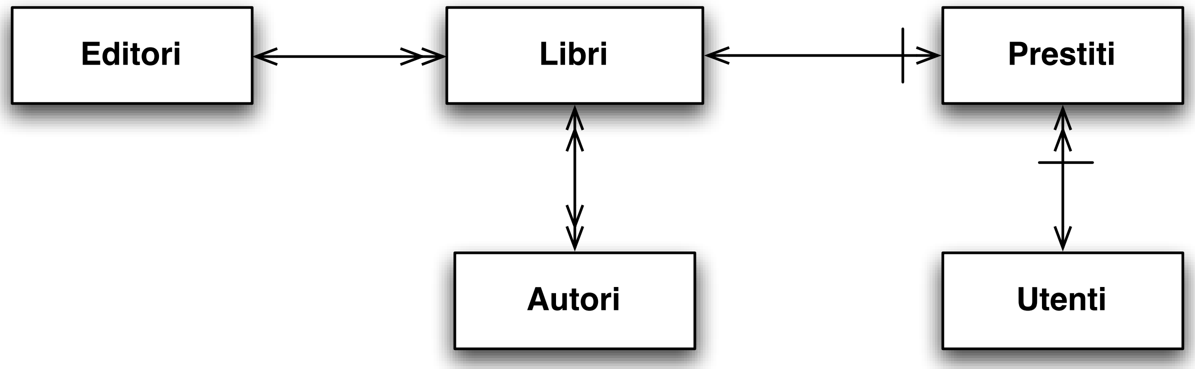
Studenti(Nome :string, Matricola :int, Provincia :string, AnnoNascita :int)

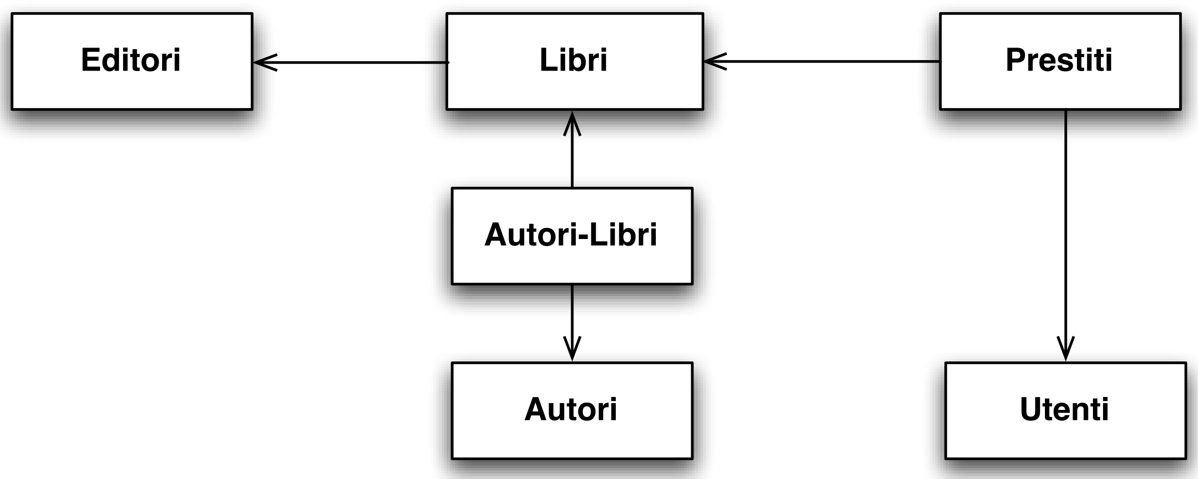
Esami(Numero :int, Materia :string, Data :string, Voto :int)

StudentiEsami(Esame* :int, Candidato*:int)

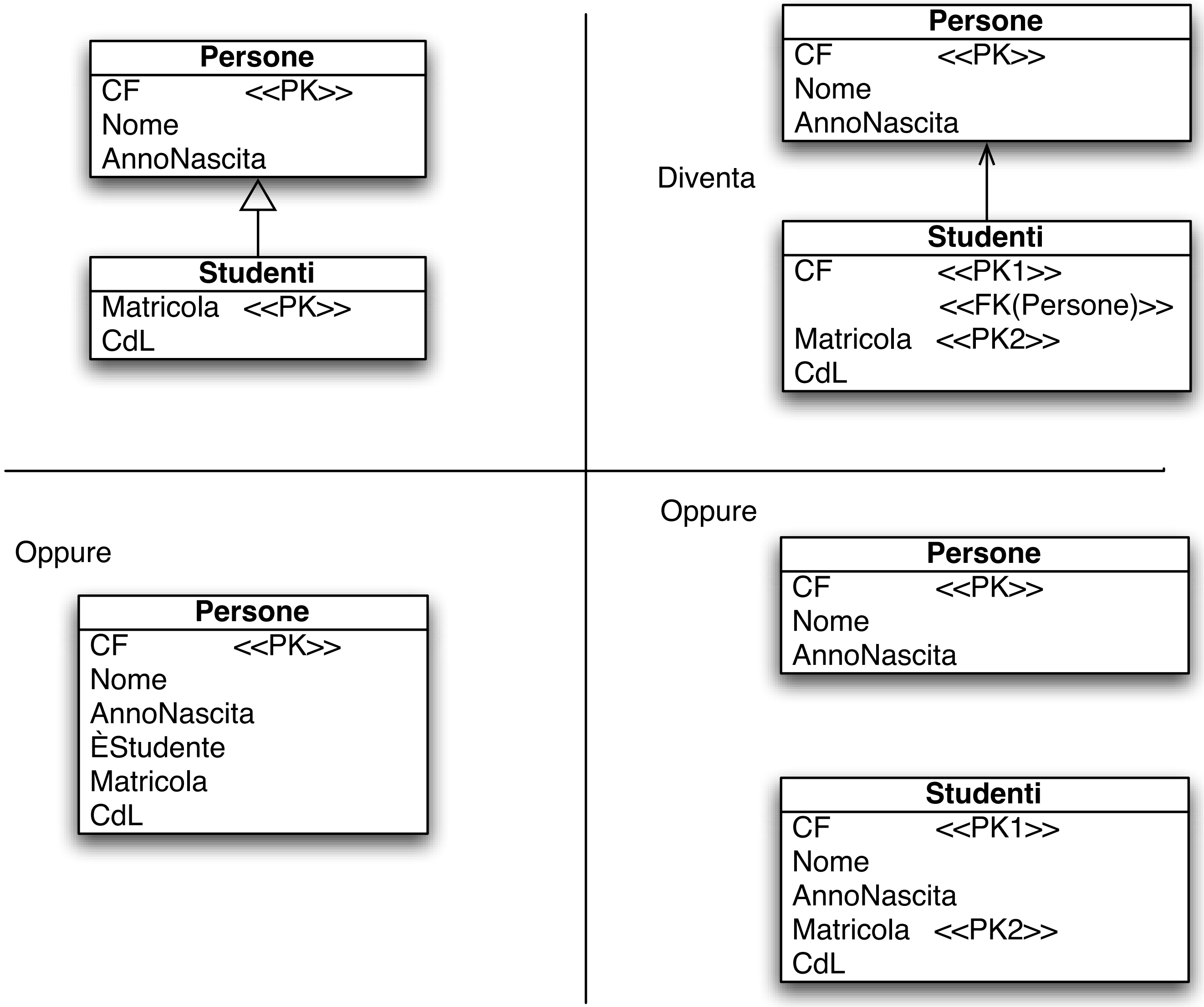
Quale preferire?

TRASFORMAZIONE DI SCHEMI A OGGETTI IN RELAZIONALI

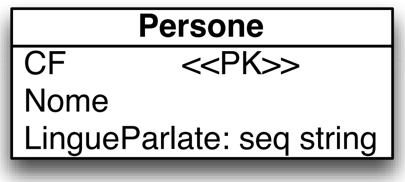


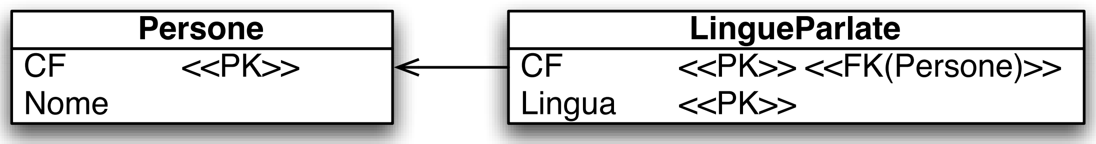


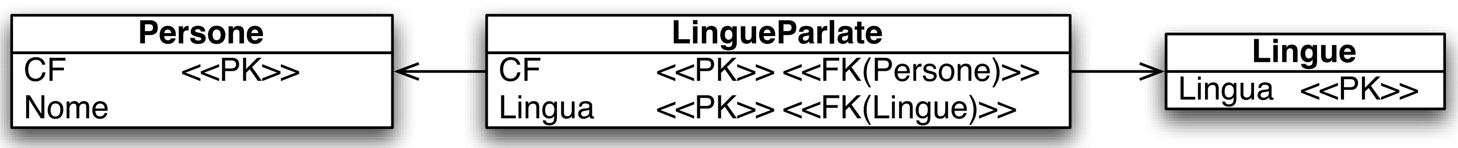
LE SOTTOCLASSI



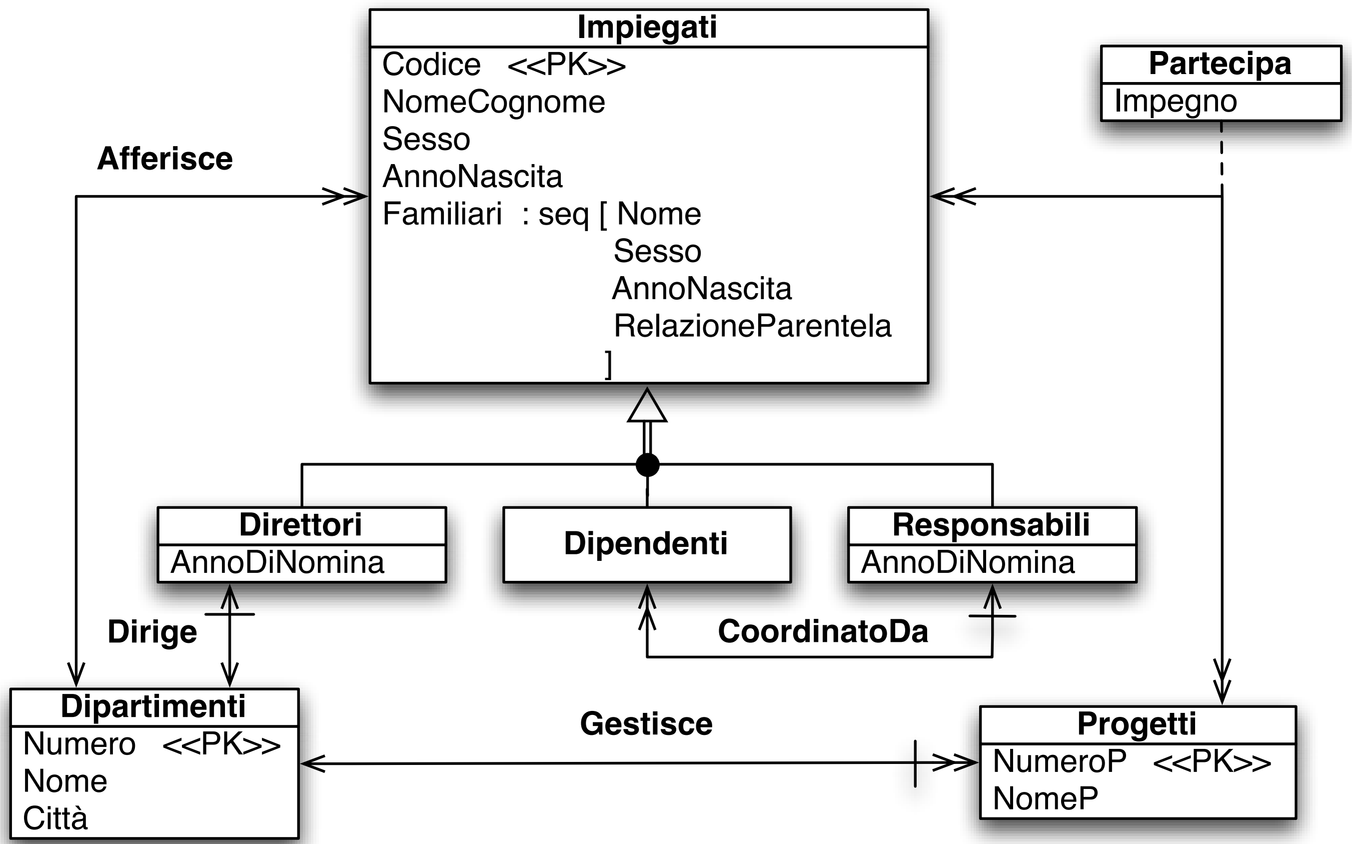
GLI ATTRIBUTI MULTIVALORE



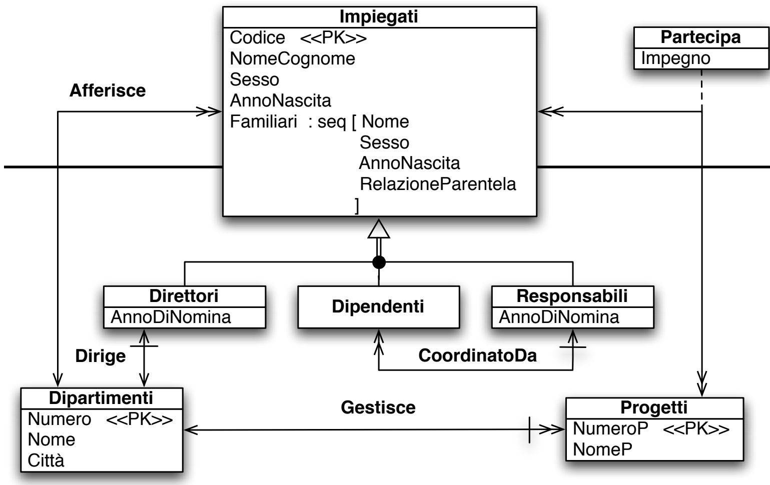


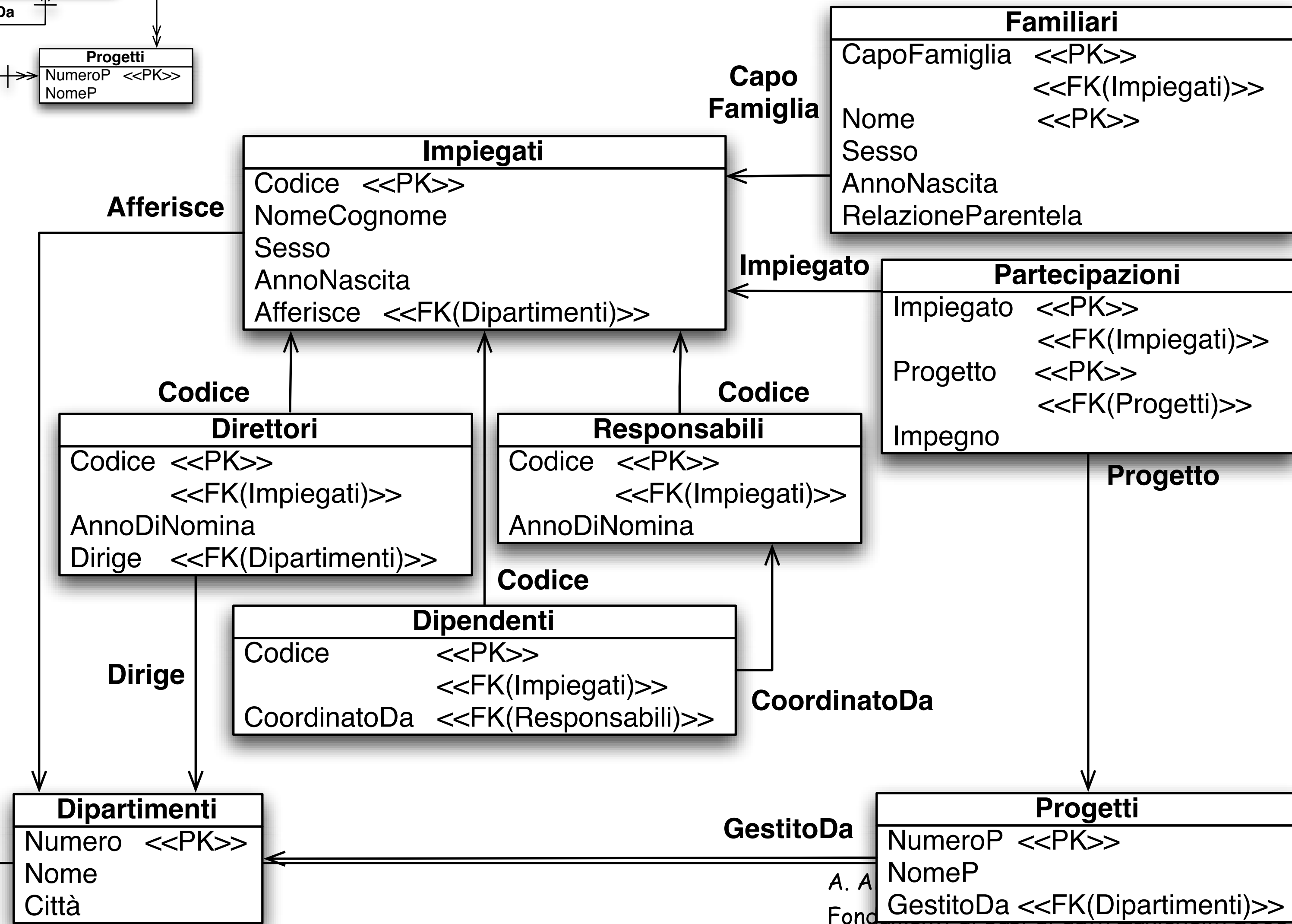


AZIENDA: SCHEMA CONCETTUALE



AZIENDA: SCHEMA LOGICO

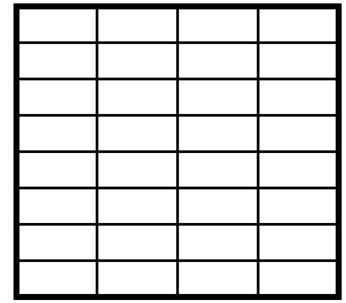




Algebra relazionale: insieme di operatori su **relazioni** che danno come risultato **relazioni**. Non si usa come linguaggio di interrogazione dei DBMS ma come rappresentazione interna delle interrogazioni.

Calcolo relazionale: linguaggio dichiarativo di tipo logico dal quale è stato derivato l'SQL.

Semantica



Proiezione senza duplicati (π):

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

Qual è il tipo del risultato? $\{(A_1 : T_1, A_2 : T_2, \ldots, A_n : T_n)\}$

Se R ha **n** elementi quanti ne ha il risultato?

Proiezione generalizzata

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

Qual è il tipo del risultato?

ESEMPI: Proiezione

Studenti

Nome	<u>Matricola</u>	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Rossi	167459	LU	1980
Bianchi	179856	LI	1981
Bonini	175649	PI	1982

Trovare il nome, la matricola e la provincia degli studenti

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

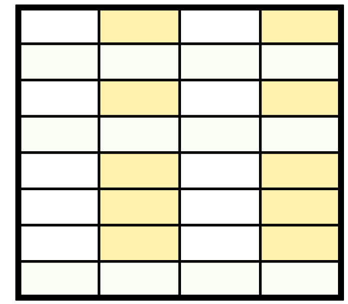
Nome	Matricola	Provincia
Isaia	171523	PI
Rossi	167459	LU
Bianchi	179856	LI
Bonini	175649	PI

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

Qual è il tipo dei risultati?

Restrizione (selezione) (σ):

Semantica



$$\sigma_{\text{Condizione}}(R)$$

Qual è il tipo del risultato? Se R ha n elementi quanti ne ha il risultato?

ESEMPI: Restrizione

Studenti

Nome	Matricola	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Rossi	167459	LU	1980
Bianchi	179856	LI	1981
Bonini	175649	PI	1982

Trovare i dati degli studenti di Pisa:

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

Nome	Matricola	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Bonini	175649	PI	1982

Qual è il tipo del risultato?

ESEMPI: Restrizione

Studenti

Nome	Matricola	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Rossi	167459	LU	1980
Bianchi	179856	LI	1981
Bonini	175649	PI	1982

Trovare il nome, la matricola e l'anno di nascita degli studenti di Pisa:

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

Nome	Matricola	AnnoNascita
Isaia	171523	1982
Bonini	175649	1982

Qual è il tipo del risultato?

ESERCIZIO

Studenti

Nome	<u>Matricola</u>	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1982
Rossi	167459	LU	1980
Bianchi	179856	LI	1981
Bonini	175649	PI	1982

Trovare il nome degli studenti di Pisa:

$\pi_{\text{Nome}}(\sigma_{\text{Provincia} = \text{'PI'}}(\text{Studenti}))$

è equivalente a: $\sigma_{\text{Provincia} = \text{'PI'}}(\pi_{\text{Nome}}(\text{Studenti}))$?

è equivalente a: $\sigma_{\text{Provincia} = \text{'PI'}}(\pi_{\text{Nome,Provincia}}(\text{Studenti}))$?

è equivalente a: $\pi_{\text{Nome}}(\sigma_{\text{Provincia} = \text{'PI'}}(\pi_{\text{Nome,Provincia}}(\text{Studenti})))$?

Unione (∪): $R \cup S$ Con R e S dello stesso tipo

Semantica

Differenza (–): $R - S$ Con R e S dello stesso tipo

Semantica

Qual è il tipo del risultato? Se R e S hanno n elementi quanti ne ha il risultato?

Se t_1 è un'ennupla non in R , allora

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

Prodotto (×): $R \times S$ R ($A_1 : T_1, \ldots, A_n : T_n$) e S($B_1 : T_1, \ldots, B_m : T_m$) con attributi diversi

Semantica

a	A
a1	A1
a2	A2

×

b	B
b1	B1
b2	B2
b3	B3

=

a	A	b	B
a1	A1	b1	B1
a1	A1	b2	B2
a1	A1	b3	B3
a2	A2	b1	B1
a2	A2	b2	B2
a2	A2	b3	B3

Qual è il tipo del risultato? $\{(a : T_1, A : T_2, b : T_3, B : T_4)\}$

Se R e S hanno n e m elementi, quanti ne ha il risultato?

Qual è il risultato di Studenti $\times$ Esami ?

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

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

meglio usare la **giunzione**:

$$\sigma_{R.A = S.D}(R \times S) = R \underset{R.A = S.D}{\bowtie} S$$

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

Ridenominazione

$$\delta_{A \rightarrow B}(R)$$

Intersezione

$$R \cap S$$

Giunzione naturale

$$R \bowtie S$$

Raggruppamento (γ):

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

dove gli $\{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$ sono un sottoinsieme degli attributi di R e le f_i sono funzioni di aggregazione (**min**, **max**, **count**, **sum**, **avg**, ...)

Qual è il tipo del risultato? $\{(A_1 : T_1, A_2 : T_2, \ldots, A_n : T_n, f_1 : T_{f1}, f_2 : T_{f2}, \ldots, f_k : T_{fk})\}$

Se R ha n elementi, quanti ne ha il risultato?

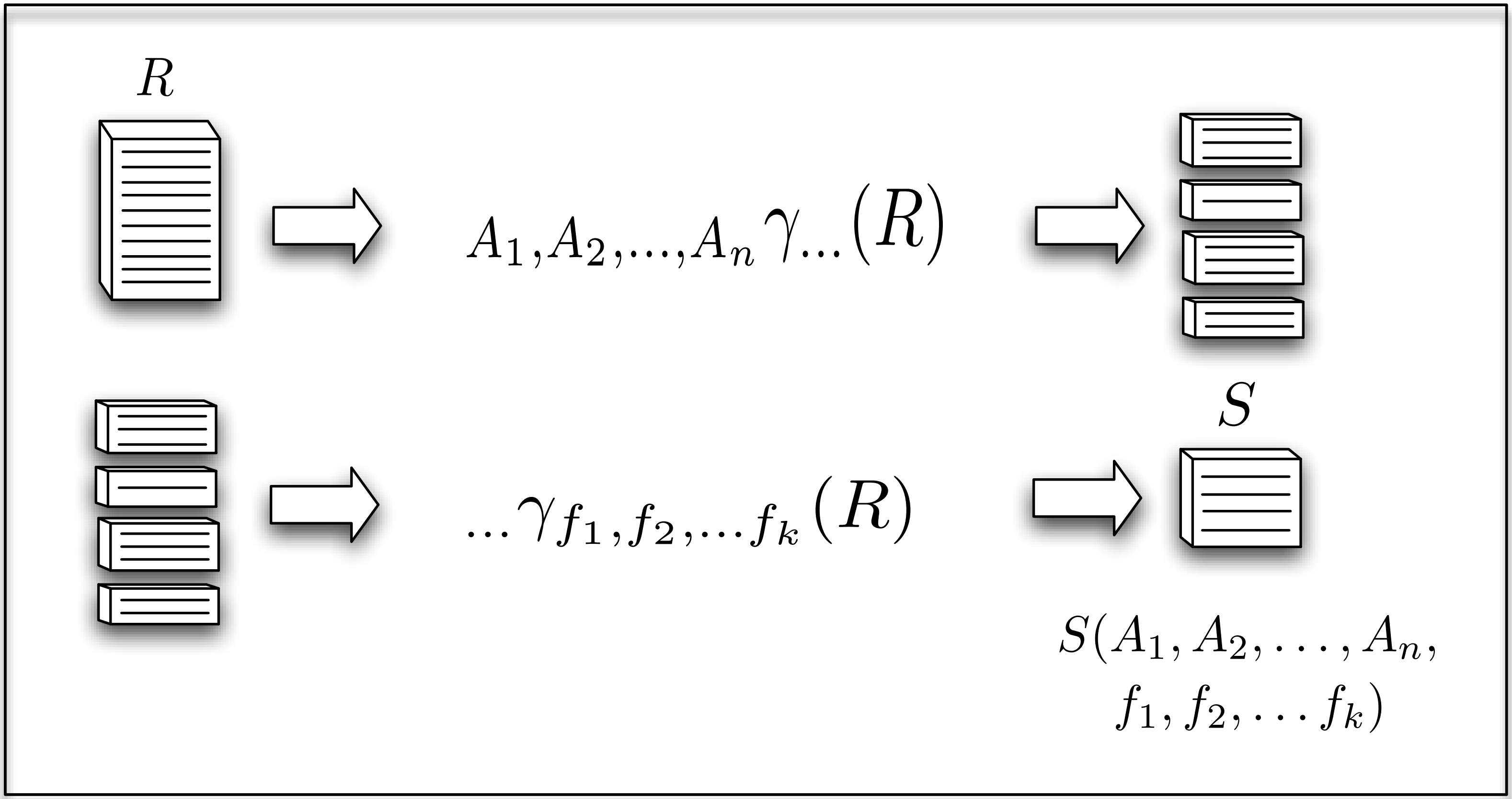
Raggruppamento *generalizzato*

$$_{A_1, A_2, \ldots, A_n}\gamma_{f_1 \textbf{ AS } F_1, f_2 \textbf{ AS } F_2, \ldots, f_k \textbf{ AS } F_k}(R)$$

A. Albano, G. Ghelli, R.Orsini
Fondamenti di basi di dati, Zanichelli, 2005

SEMANTICA 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

$$_{\text{Candidato}}\gamma_{\text{COUNT(*)},\text{MIN(Voto)},\text{MAX(Voto)},\text{AVG(Voto)}}(Esami)$$

Materia	Candidato	Voto	Data
BD	171523	20	12/01/05
ALG	167459	30	15/09/05
MP	171523	30	25/10/05
IS	167459	20	10/10/05

→

Materia	Candidato	Voto	Data
ALG	167459	30	15/09/05
IS	167459	20	10/10/05
BD	171523	20	12/01/05
MP	171523	30	25/10/05

↓

Candidato	COUNT(*)	MIN(Voto)	MAX(Voto)	AVG(Voto)
167459	2	20	30	25
171523	2	20	30	25

Proiezione con duplicati (multiinsiemistica)

$$\pi^{b}_{A_1, A_2, \ldots, A_n}(R)$$

Ordinamento

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

Operano su {T} e ritornano un multinsieme: {{T}} (altra notazione: seq T)
Si usano solo sulla radice dell'albero logico

Basate su regole di equivalenza fra espressione algebriche

Consentono di scegliere diversi ordini di join e di anticipare proiezioni, restrizioni.

Alcuni esempi con le relazioni R(A, B, C), S(A, D, E), T(D, F, G):

$$\pi_A(\pi_{A,B}(R)) \equiv \pi_A(R)$$

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

$$\sigma_{C_R \wedge C_S}(R \bowtie S) \equiv \sigma_{C_R}(R) \bowtie \sigma_{C_S}(S)$$

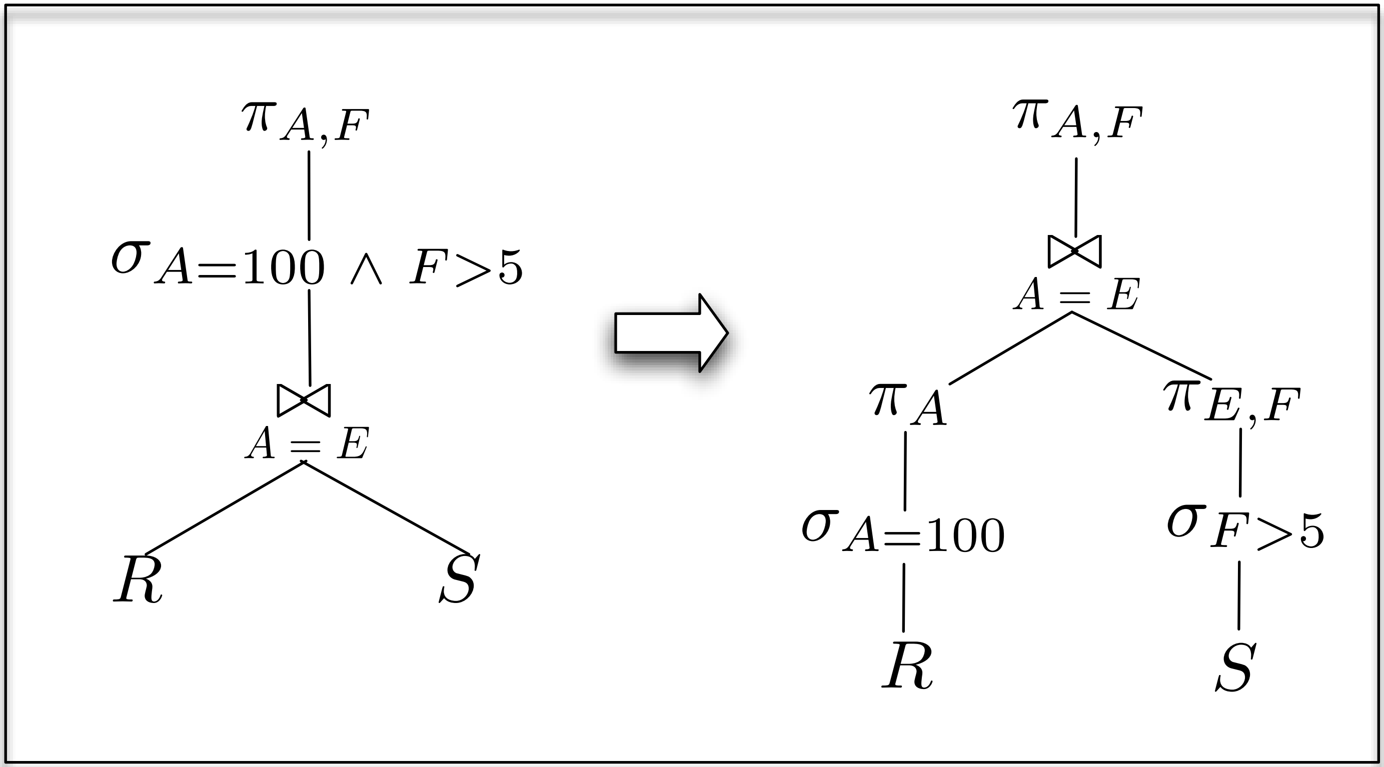
$$R \bowtie (S \bowtie T) \equiv (R \bowtie S) \bowtie T$$

$$(R \bowtie S) \equiv (S \bowtie R)$$

$$\sigma_{C_X}({}_X\gamma_F(R)) \equiv {}_X\gamma_F(\sigma_{C_X}(R))$$

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

$$\pi_{A,F}(\sigma_{A=100 \wedge F>5}(R \underset{A=E}{\bowtie} S))$$



ALBERI LOGICI

$$\tau_A(\pi_{A,M}(\sigma_{C>3}({}_A\gamma_{COUNT(*)\;AS\;C,MAX(B)\;AS\;M}(\sigma_{A=100\wedge F>5}(R \underset{A=E}{\bowtie} S)))))$$