



Politecnico
di Torino

DBG
MG

Algebra Relazionale

Argomenti

- Introduzione
- Selezione e proiezione
- Prodotto cartesiano e join
- Natural join, theta-join e semi-join
- Outer join
- Unione e intersezione
- Differenza e antijoin
- Divisione e altri operatori

Introduzione

Algebra Relazionale

Algebra relazionale

- Estende l'algebra degli insiemi per il modello relazionale
- Definisce un insieme di operatori che operano su relazioni e producono come risultato una relazione
- Gode della proprietà di chiusura
 - il risultato di qualunque operazione algebrica su relazioni è a sua volta una relazione

Operatori dell'algebra relazionale

- Operatori unari
 - selezione (σ)
 - proiezione (π)
- Operatori binari
 - prodotto cartesiano (\times)
 - join (\bowtie)
 - unione (\cup)
 - intersezione (\cap)
 - differenza ($-$)
 - divisione ($/$)
- Operatori insiemistici
 - unione (\cup)
 - intersezione (\cap)
 - differenza ($-$)
 - prodotto cartesiano (\times)
- Operatori relazionali
 - selezione (σ)
 - proiezione (π)
 - join (\bowtie)
 - divisione ($/$)

Relazioni d'esempio

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Selezione e proiezione

Algebra Relazionale

Selezione

- La selezione estrae un sottoinsieme *“orizzontale”* della relazione
 - opera una decomposizione orizzontale della relazione

Selezione: esempio

- *Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre*

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	D104
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>



R

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>

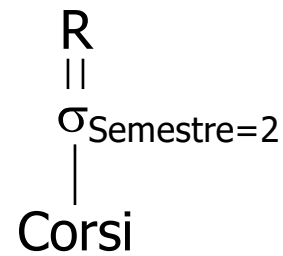
Selezione: definizione

$$R = \sigma_p A$$

- L'operatore selezione σ_p genera una **relazione R**
 - avente lo **stesso schema di A**
 - contenente tutte le tuple della relazione A per cui è vero il **predicato p**
- Il predicato **p** è un'espressione booleana (operatori \wedge, \vee, \neg) di espressioni di confronto tra attributi o tra attributi e costanti.
Esempi:
 - p: Città='Torino' \wedge Età > 18
 - p: DataRestituzione > DataConsegna + 10

Selezione: esempio

- *Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre*



$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2} \text{Corsi}$$

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	D104
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>

R

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>

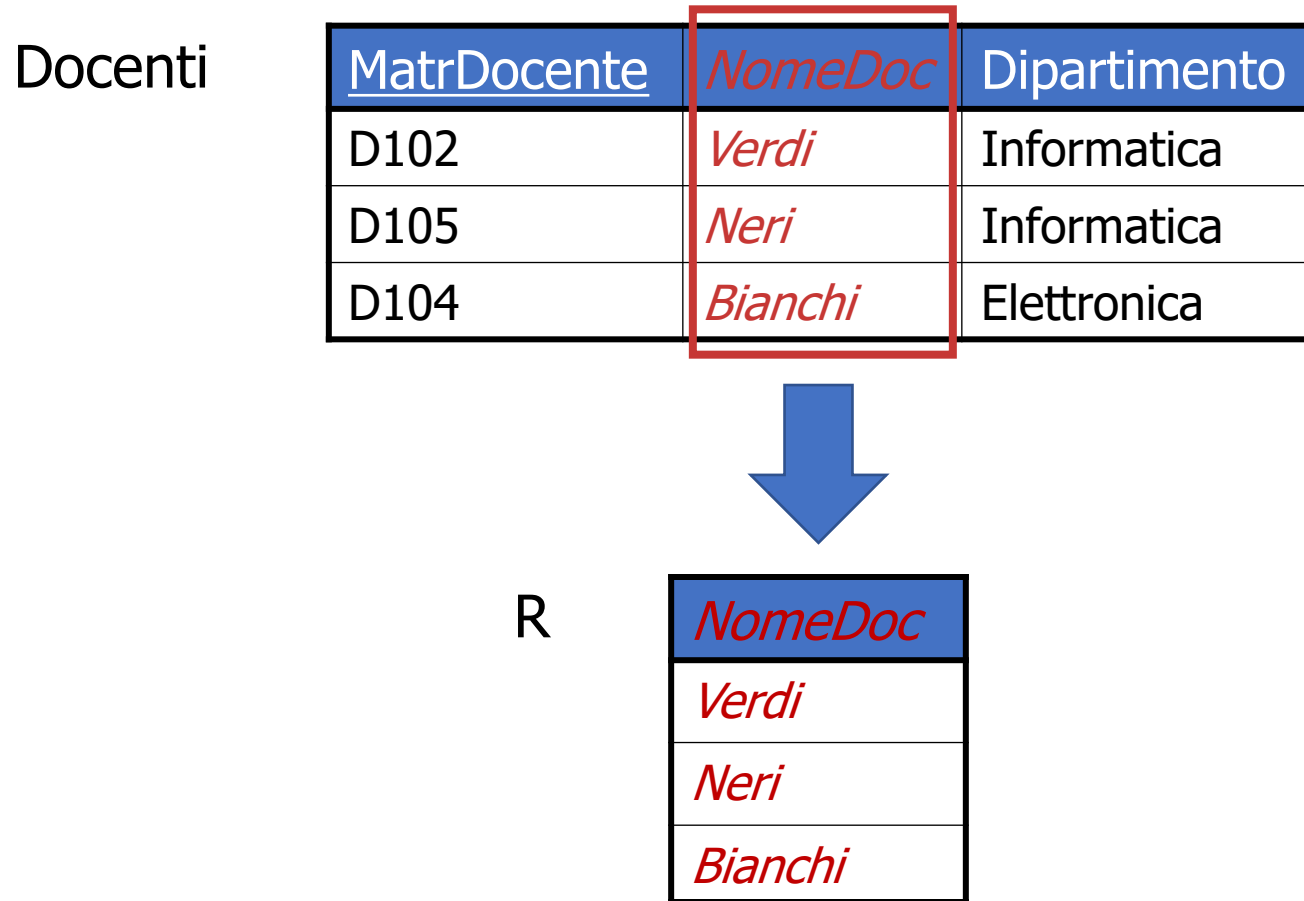
Proiezione

- La proiezione estrae un sottoinsieme *“verticale”* della relazione
 - opera una decomposizione verticale della relazione



Proiezione: esempio (n. 1)

- *Trovare il nome dei docenti*



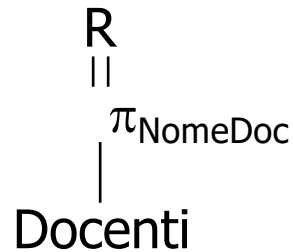
Proiezione: definizione

$$R = \pi_L A$$

- L'operatore proiezione π_L genera una **relazione R**
 - avente come **schema la lista di attributi L** (sottoinsieme dello schema di A)
 - contenente **tutte le tuple presenti in A**
- Sono **eliminati gli eventuali duplicati** dovuti all'esclusione degli attributi non in L
 - se L include una chiave candidata, non vi sono duplicati

Proiezione: esempio (n. 1)

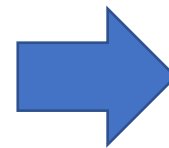
- *Trovare il nome dei docenti*



$$R = \pi_{\text{NomeDoc}} \text{Docenti}$$

Docenti

<u>MatrDocente</u>	<i>NomeDoc</i>	Dipartimento
D102	<i>Verdi</i>	Informatica
D105	<i>Neri</i>	Informatica
D104	<i>Bianchi</i>	Elettronica

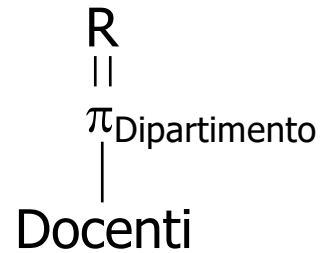


R

<i>NomeDoc</i>
<i>Verdi</i>
<i>Neri</i>
<i>Bianchi</i>

Proiezione: esempio (n. 2)

- *Trovare i nomi dei dipartimenti in cui è presente almeno un docente*



$$R = \pi_{\text{Dipartimento}} \text{Docenti}$$

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	<i>Dipartimento</i>
D102	Verdi	<i>Informatica</i>
D105	Neri	<i>Informatica</i>
D104	Bianchi	<i>Elettronica</i>



R

<i>Dipartimento</i>
<i>Informatica</i>
<i>Elettronica</i>

Selezione+proiezione: esempio

- *Selezionare il nome dei corsi nel secondo semestre*

Corsi

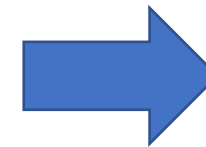
<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	D104
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>

Selezione



Codice	<i>NomeCorso</i>	Semestre	MatrDocente
M4880	<i>Sistemi digitali</i>	2	D104
F0410	<i>Basi di dati</i>	2	D102

Proiezione



R

NomeCorso
Sistemi digitali
Basi di dati

Selezione+proiezione: esempio

- *Selezionare il nome dei corsi nel secondo semestre*

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	D104
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>

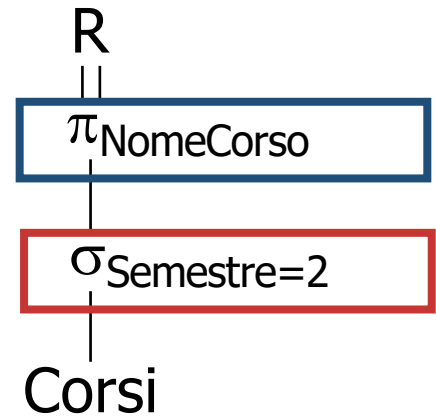
Selezione

Codice	<i>NomeCorso</i>	Semestre	MatrDocente
M4880	<i>Sistemi digitali</i>	2	D104
F0410	<i>Basi di dati</i>	2	D102

Proiezione

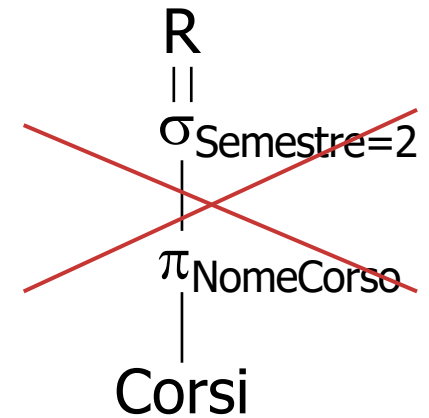
R

NomeCorso
Sistemi digitali
Basi di dati



Selezione+proiezione: SOLUZIONE ERRATA

- *Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre*

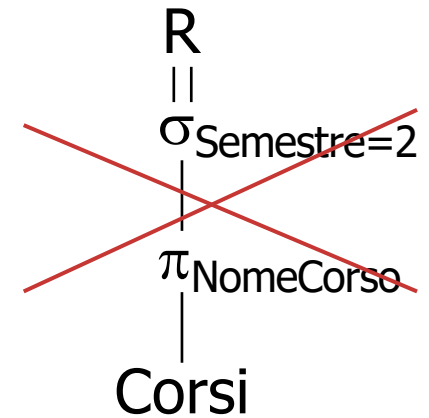


Selezione+proiezione: SOLUZIONE ERRATA

- *Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre*

Corsi

<u>Codice</u>	<i>NomeCorso</i>	Semestre	MatrDocente
M2170	<i>Informatica 1</i>	1	D102
M4880	<i>Sistemi digitali</i>	2	D104
F1401	<i>Elettronica</i>	1	D104
F0410	<i>Basi di dati</i>	2	D102



↓
Proiezione

<i>NomeCorso</i>
<i>Informatica 1</i>
<i>Sistemi digitali</i>
<i>Elettronica</i>
<i>Basi di dati</i>

L'attributo Semestre non è incluso nello schema della relazione risultante: non si può eseguire la successiva operazione di selezione

Prodotto cartesiano e join

Algebra Relazionale

Prodotto cartesiano

- Il prodotto cartesiano di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B

Prodotto cartesiano: esempio

- *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>

Prodotto cartesiano: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>

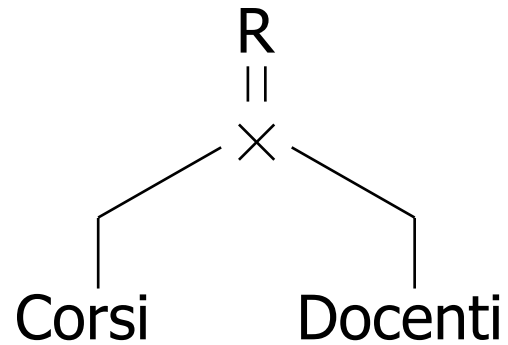
Prodotto cartesiano: definizione e proprietà

$$R = A \times B$$

- Il prodotto cartesiano di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come **schema l'unione degli schemi di A e di B**
 - contenente **tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B**
- Il prodotto cartesiano è
 - commutativo
 - $A \times B = B \times A$
 - associativo
 - $(A \times B) \times C = A \times (B \times C)$

Prodotto cartesiano: esempio

- *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*



$$R = \text{Corsi} \times \text{Docenti}$$

Legame tra attributi

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	D102	Verdi	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	D102	Verdi	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D105	Neri	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	D102	Verdi	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D105	Neri	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D104	Bianchi	Elettronica

Join

- Il join di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B “*semanticamente legate*”

Join: esempio

- *Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono*

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
M2170	Informatica 1	1	D102	D105	Neri	Informatica
M2170	Informatica 1	1	D102	D104	Bianchi	Elettronica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	D105	Neri	Informatica
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>
F1401	Elettronica	1	D104	D102	Verdi	Informatica
F1401	Elettronica	1	D104	D105	Neri	Informatica
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
F0410	Basi di dati	2	D102	D105	Neri	Informatica
F0410	Basi di dati	2	D102	D104	Bianchi	Elettronica

Join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>

- *Nota bene:* il docente (D105,Neri,Informatica), che non tiene alcun corso, non compare nel risultato del join

Join: definizione

- Il join è un operatore derivato
 - può essere espresso utilizzando gli operatori \times , σ_p , π_L
- Il join è definito separatamente perché esprime sinteticamente molte operazioni ricorrenti nelle interrogazioni
- Esistono diversi tipi di join
 - natural join
 - theta-join (e il suo sottocaso equi-join)
 - semi-join

Natural join, theta-join, semi-join

Algebra Relazionale

Natural join: definizione e proprietà

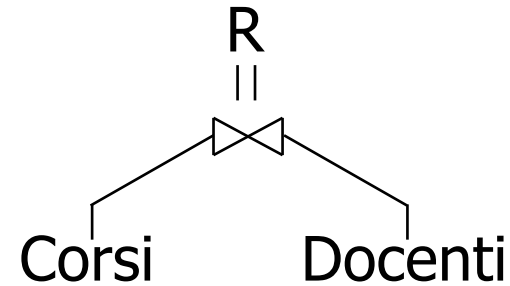
$$R = A \bowtie B$$

- Il natural join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema
 - gli attributi presenti nello schema di A e non presenti nello schema di B
 - gli attributi presenti nello schema di B e non presenti nello schema di A
 - una sola copia degli attributi comuni (con lo stesso nome nello schema di A e di B)
 - contenente tutte le coppie costituite da una tupla di A e una tupla di B per cui il valore degli attributi comuni è uguale
- Il natural join è commutativo e associativo

Natural join: esempio

- *Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono*

$$R = \text{Corsi} \bowtie \text{Docenti}$$



R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
M2170	Informatica 1	1	D102	Verdi	Informatica
M4880	Sistemi digitali	2	D104	Bianchi	Elettronica
F1401	Elettronica	1	D104	Bianchi	Elettronica
F0410	Basi di dati	2	D102	Verdi	Informatica

Nota bene: l'attributo comune MatrDocente è presente una volta sola nello schema della relazione risultante R

Theta-join: definizione e proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

- Il theta-join di due relazioni A e B genera tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B che soddisfano una generica *“condizione di legame”*
- Il theta-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema *l’unione degli schemi di A e di B*
 - contenente tutte le coppie costituite da una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il *predicato p*
- Il *predicato p* è nella forma $X \theta Y$
 - X è un attributo di A, Y è un attributo di B
 - θ è un operatore di confronto compatibile con i domini di X e di Y
- Il theta-join è commutativo e associativo

Equi-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

- Equi-join
 - caso particolare del theta-join in cui θ è l'operatore di uguaglianza (=)

Theta-join: esempio

- *Trovare la matricola dei docenti che sono titolari di almeno due corsi*

Corsi C1

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

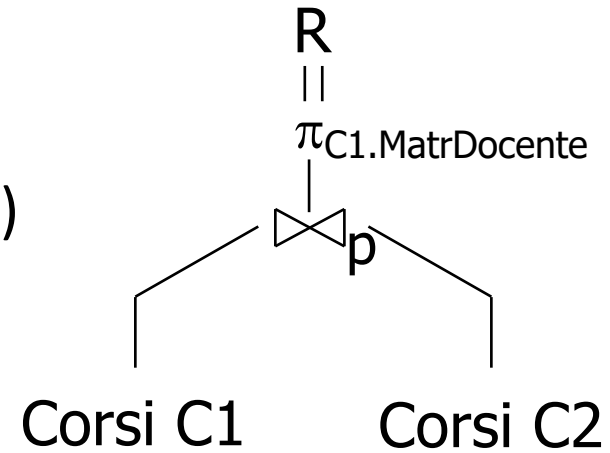
Corsi C2

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Theta-join: esempio

- *Trovare la matricola dei docenti che sono titolari di almeno due corsi*

$$R = \pi_{C1.MatrDocente}((Corsi\ C1) \bowtie_p (Corsi\ C2))$$



p: C1.MatrDocente=C2.MatrDocente
 \wedge C1.Codice<>C2.Codice

Theta-join: esempio

Corsi C1. Codice	Corsi C1. NomeCorso	Corsi C1. Semestre	Corsi C1. MatrDocente	Corsi C2. Codice	Corsi C2. NomeCorso	Corsi C2. Semestre	Corsi C2. MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102	M2170	Informatica 1	1	D102
M2170	Informatica 1	1	D102	M4880	Sistemi digitali	2	D104
M2170	Informatica 1	1	D102	F1401	Elettronica	1	D104
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
F1401	Elettronica	1	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	D104	F1401	Elettronica	1	D104
F1401	Elettronica	1	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>
F0410	Basi di dati	2	D102	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	F0410	Basi di dati	2	D102

Theta-join: esempio

Corsi C1. Codice	Corsi C1. NomeCorso	Corsi C1. Semestre	Corsi C1. MatrDocente	Corsi C2. Codice	Corsi C2. NomeCorso	Corsi C2. Semestre	Corsi C2. MatrDocente
<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>	<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>
<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>	<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>
<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>	<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>	<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>



Proiezione

R

Corsi C1. MatrDocente
<i>D102</i>
<i>D104</i>

Semi-join: definizione e proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

- Il semi-join di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple di A *“semanticamente legate”* ad almeno una tupla di B
 - le informazioni di B non compaiono nel risultato
- Il semi-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A
 - contenente tutte le tuple di A per cui è vero il predicato specificato da *p*
- Il predicato *p* è espresso nella stessa forma del theta-join (confronto tra attributi di A e di B)

Semi-join: definizione e proprietà

- Il semi-join può essere espresso in funzione del theta-join

$$A \bowtie_p B = \pi_{\text{schema}(A)}(A \Join_p B)$$

- Il semi-join *non gode* della proprietà commutativa

Semi-join: esempio

- *Trovare le informazioni relative ai docenti titolari di almeno un corso*

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Semi-join: esempio

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>
D102	Verdi	Informatica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D102	Verdi	Informatica	F1401	Elettronica	1	D104
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>
D105	Neri	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D105	Neri	Informatica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D105	Neri	Informatica	F1401	Elettronica	1	D104
D105	Neri	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M2170	Informatica 1	1	D102
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>
D104	Bianchi	Elettronica	F0410	Basi di dati	2	D102

Semi-join: esempio

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	<i>M2170</i>	<i>Informatica 1</i>	<i>1</i>	<i>D102</i>
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	<i>F0410</i>	<i>Basi di dati</i>	<i>2</i>	<i>D102</i>
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	<i>M4880</i>	<i>Sistemi digitali</i>	<i>2</i>	<i>D104</i>
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	<i>F1401</i>	<i>Elettronica</i>	<i>1</i>	<i>D104</i>



Proiezione

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>

Semi-join: esempio

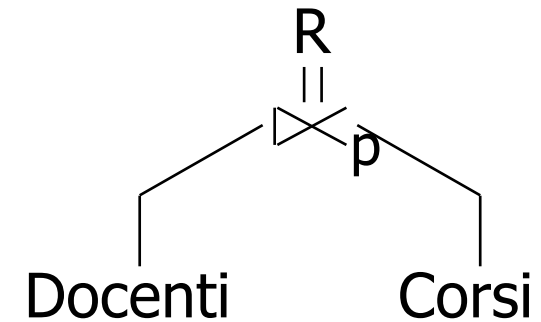
- *Trovare le informazioni relative ai docenti titolari di almeno un corso*

$R = \text{Docenti} \bowtie_p \text{Corsi}$

$p: \text{Docenti.MatrDocente} = \text{Corsi.MatrDocente}$

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>



Outer-join

Algebra Relazionale

Outer-join

- Variante del join che permette di conservare l'informazione relativa alle tuple non semanticamente legate dal predicato di join
 - completa con valori nulli le tuple prive di controparte
- Esistono tre tipi di outer-join
 - left: sono completate solo le tuple del primo operando
 - right: sono completate solo le tuple del secondo operando
 - full: sono completate le tuple di entrambi gli operandi

Left outer-join

- Il left outer-join di due relazioni A e B genera le coppie formate da
 - una tupla di A e una di B “*semanticamente legate*”
- +
- una tupla di A “*non semanticamente legata*” a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B

Left outer-join: esempio

- *Trovare le informazioni sui docenti e sui corsi che tengono*

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

Left outer-join: esempio

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104

Left outer-join: esempio

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>	<i>null</i>	<i>null</i>	<i>null</i>	<i>null</i>

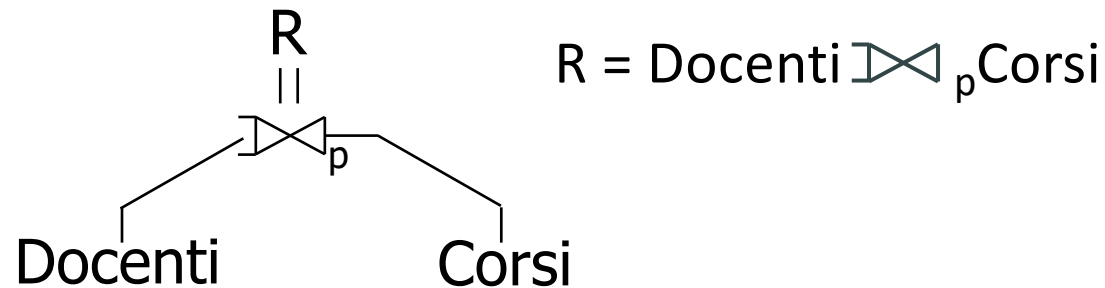
Left outer-join: definizione e proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

- Il left outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
 - contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di A che non è correlata mediante il predicato p a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B
- Il left outer-join *non è* commutativo

Left outer-join: esempio

- *Trovare le informazioni sui docenti e sui corsi che tengono*



p: Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
D102	Verdi	Informatica	M2170	Informatica 1	1	D102
D102	Verdi	Informatica	F0410	Basi di dati	2	D102
D104	Bianchi	Elettronica	M4880	Sistemi digitali	2	D104
D104	Bianchi	Elettronica	F1401	Elettronica	1	D104
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>	<i>null</i>	<i>null</i>	<i>null</i>	<i>null</i>

Right outer-join: definizione e proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

- Il right outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
 - contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di B che non è correlata mediante il predicato p a tuple di A completata con valori nulli per tutti gli attributi di A
- Il right outer-join *non è* commutativo

Full outer-join: definizione e proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

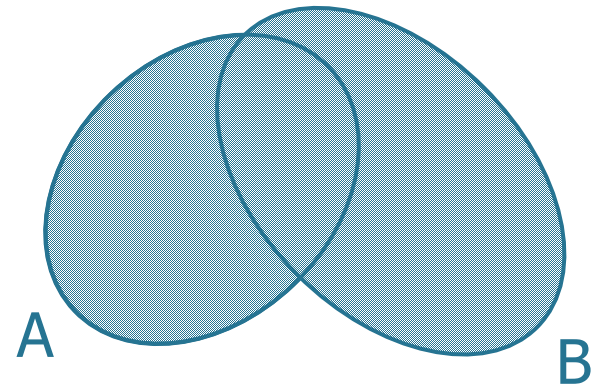
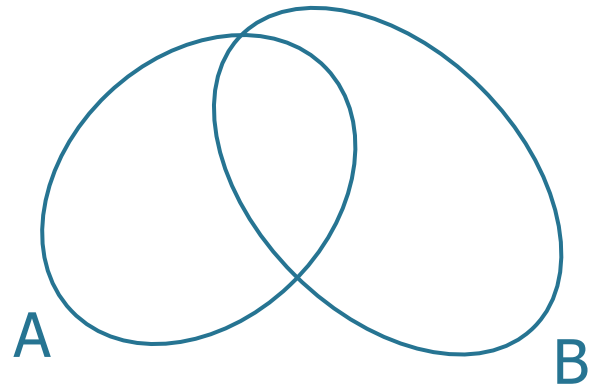
- Il full outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
- contenente le coppie formate da
 - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato p
 - una tupla di A che non è correlata mediante il predicato p a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B
 - una tupla di B che non è correlata mediante il predicato p a tuple di A completata con valori nulli per tutti gli attributi di A
- Il full outer-join è commutativo

Unione e intersezione

Algebra Relazionale

Unione

- L'unione di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti in almeno una delle due relazioni



Unione: esempio

- *Trovare le informazioni relative ai docenti dei corsi di laurea o di master*

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

Unione: esempio

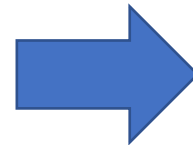
- *Trovare le informazioni relative ai docenti dei corsi di laurea o di master*

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica



R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica
D101	Rossi	Elettrica

- *Nota bene:* i duplicati sono eliminati

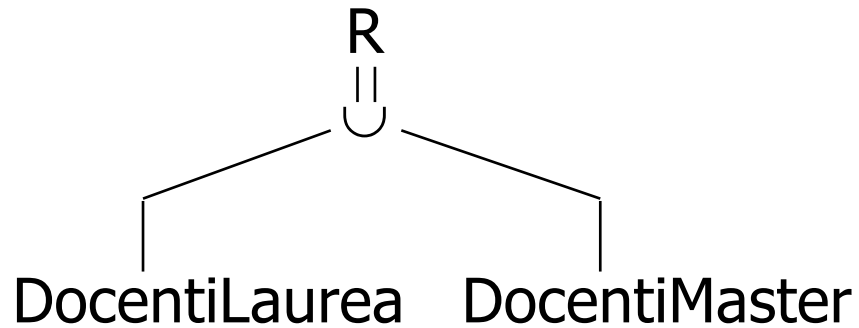
Unione: definizione e proprietà

$$R = A \cup B$$

- L'unione di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A e B
 - contenente tutte le tuple appartenenti ad A e tutte le tuple appartenenti a B (o a entrambi)
- *Compatibilità*
 - le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- Le tuple duplicate sono eliminate
- L'unione è commutativa e associativa

Unione: esempio

- *Trovare le informazioni relative ai docenti dei corsi di laurea o di master*



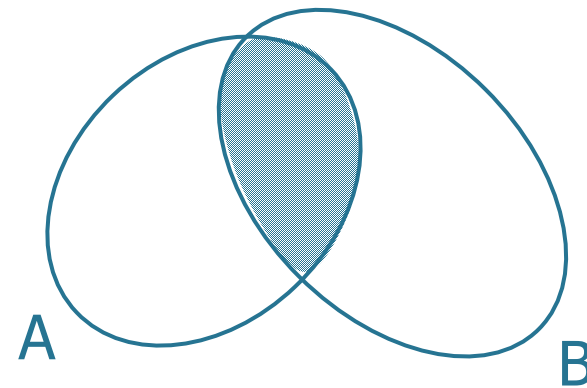
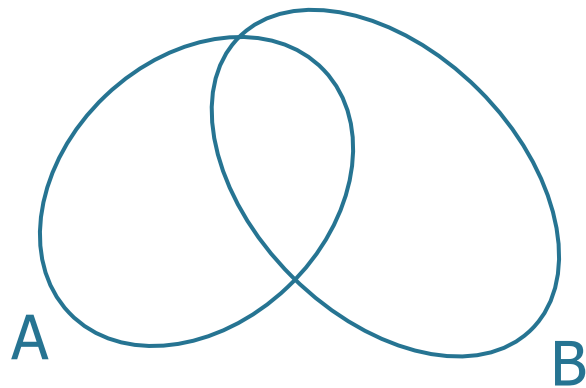
$$R = \text{DocentiLaurea} \cup \text{DocentiMaster}$$

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica
D101	Rossi	Elettrica

Intersezione

- L'intersezione di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti in entrambe le relazioni



Intersezione: esempio

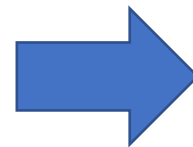
- *Trovare le informazioni relative ai docenti sia di corsi di laurea, sia di master*

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica



R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica

Intersezione: definizione e proprietà

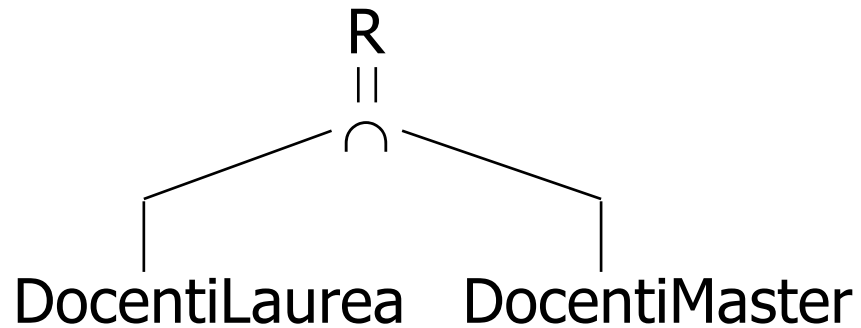
$$R = A \cap B$$

- L'intersezione di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A e B
 - contenente tutte le tuple appartenenti sia ad A sia a B
- *Compatibilità*
 - le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- L'intersezione è commutativa e associativa

Intersezione: esempio

- *Trovare le informazioni relative ai docenti sia di corsi di laurea, sia di master*

$$R = \text{DocentiLaurea} \cap \text{DocentiMaster}$$



R

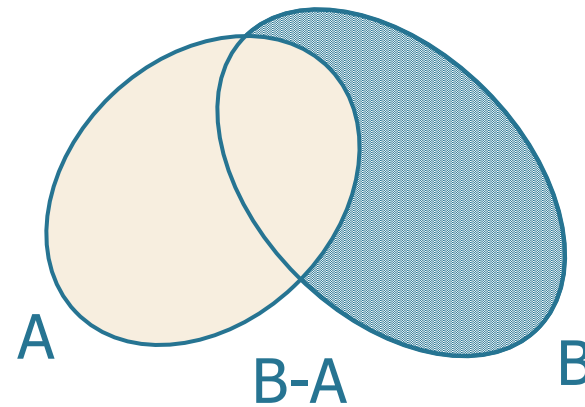
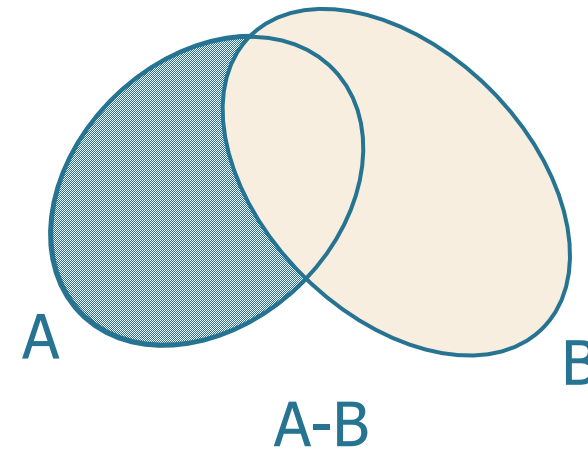
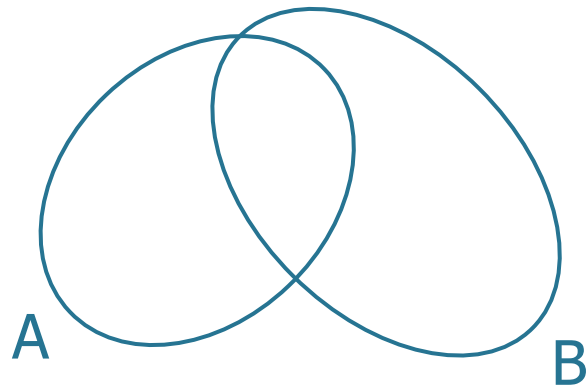
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica

Differenza e anti-join

Algebra Relazionale

Differenza

- La differenza di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti *esclusivamente* in A



$$A-B \neq B-A$$

Differenza: esempio (n.1)

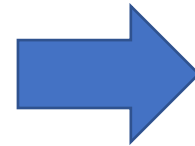
- *Trovare i docenti di corsi di laurea ma non di master*

DocentiLaurea

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica



R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

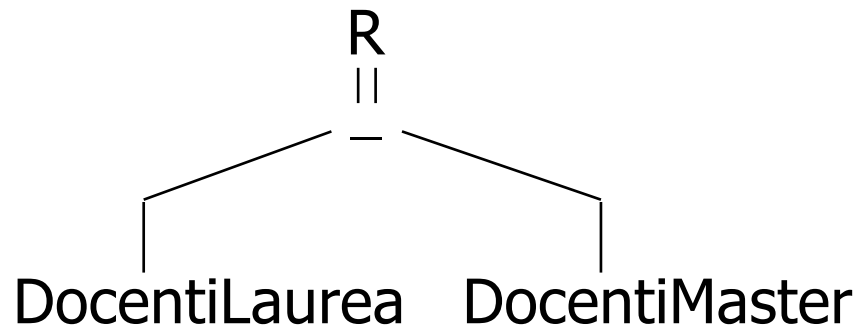
Differenza: definizione e proprietà

$$R = A - B$$

- La differenza di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A e di B
 - contenente tutte le tuple appartenenti ad A che non appartengono a B
- *Compatibilità*
 - le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- La differenza *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

Differenza: esempio (n.1)

- *Trovare i docenti di corsi di laurea ma non di master*



$R = \text{DocentiLaurea} - \text{DocentiMaster}$

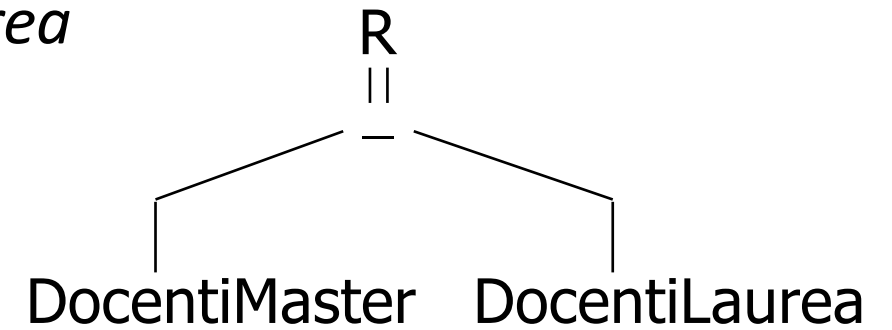
R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

Differenza: esempio (n. 2)

- *Trovare i docenti di corsi di master ma non di laurea*

$R = \text{DocentiLaurea} - \text{DocentiMaster}$

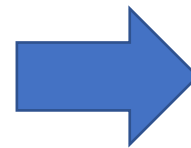


DocentiMaster

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

DocentiLaurea

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica



R

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D101	Rossi	Elettrica

Differenza: esempio (n. 3)

- *Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi*

Proiezione
Matricole dei docenti

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
<i>D102</i>	Verdi	Informatica
<i>D105</i>	Neri	Informatica
<i>D104</i>	Bianchi	Elettronica

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	<u>MatrDocente</u>
M2170	Informatica 1	1	<i>D102</i>
M4880	Sistemi digitali	2	<i>D104</i>
F1401	Elettronica	1	<i>D104</i>
F0410	Basi di dati	2	<i>D102</i>

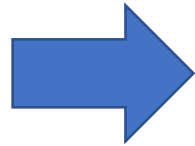
Proiezione

Matricole dei docenti che tengono almeno un corso

Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
D102
<i>D105</i>
D104

Differenza



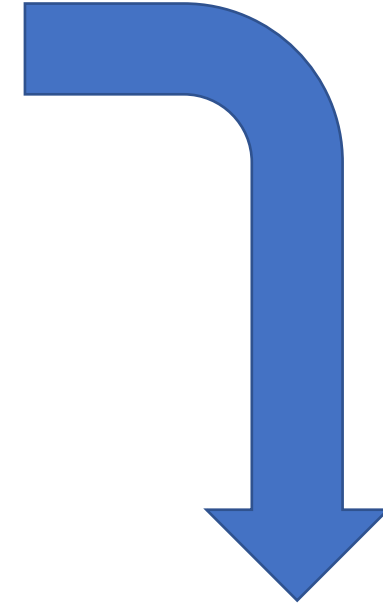
MatrDocente
<i>D105</i>

MatrDocente
D102
D104

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
D104	Bianchi	Elettronica

Natural Join

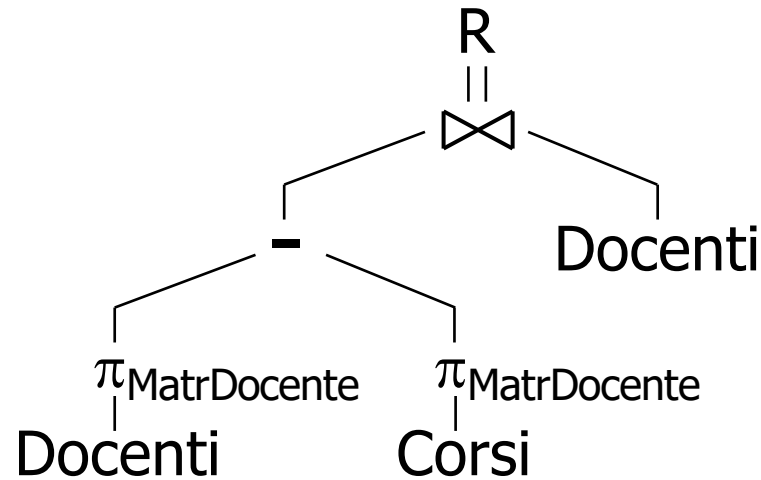


R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>

Differenza: esempio (n. 3)

- *Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi*



$$R = \text{Docenti} \bowtie ((\pi_{\text{MatrDocente}} \text{Docenti}) - (\pi_{\text{MatrDocente}} \text{Corsi}))$$

Anti-join: definizione e proprietà

$$R = A \bar{\bowtie}_p B$$

- L'anti-join tra due relazioni A e B seleziona tutte le tuple di A *“semanticamente non legate”* a tuple di B
 - le informazioni di B non compaiono nel risultato
- L'anti-join di due relazioni A e B genera una relazione R
 - avente lo stesso schema di A
 - contenente tutte le tuple di A per cui non esiste nessuna tupla in B per cui è vero il predicato *p*
- Il predicato *p* è espresso nella stessa forma del theta-join e del semi-join
- L'anti-join *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

Anti-join: esempio

- *Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi*

Docenti

<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>
D104	Bianchi	Elettronica

Corsi

<u>Codice</u>	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102



R

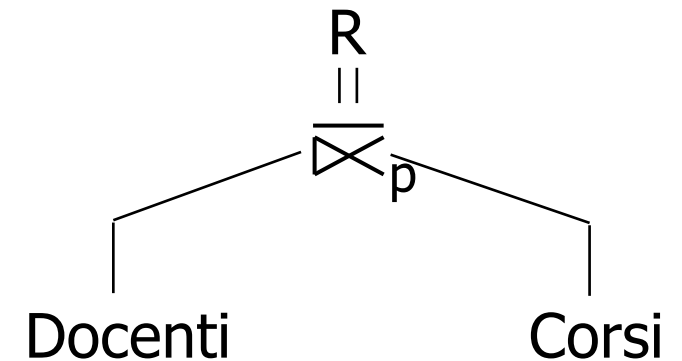
<u>MatrDocente</u>	NomeDoc	Dipartimento
<i>D105</i>	<i>Neri</i>	<i>Informatica</i>

Anti-join: esempio

- *Trovare Matricola, Nome e Dipartimento dei docenti che non tengono corsi*

$$R = \text{Docenti} \bar{\bowtie}_p \text{Corsi}$$

p : Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente



R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica

Divisione e altri operatori

Algebra Relazionale

Divisione: esempio

- *Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno*

<u>MatrStudente</u>	<u>CodCorso</u>
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

<u>CodCorso</u>
...
...
...
...

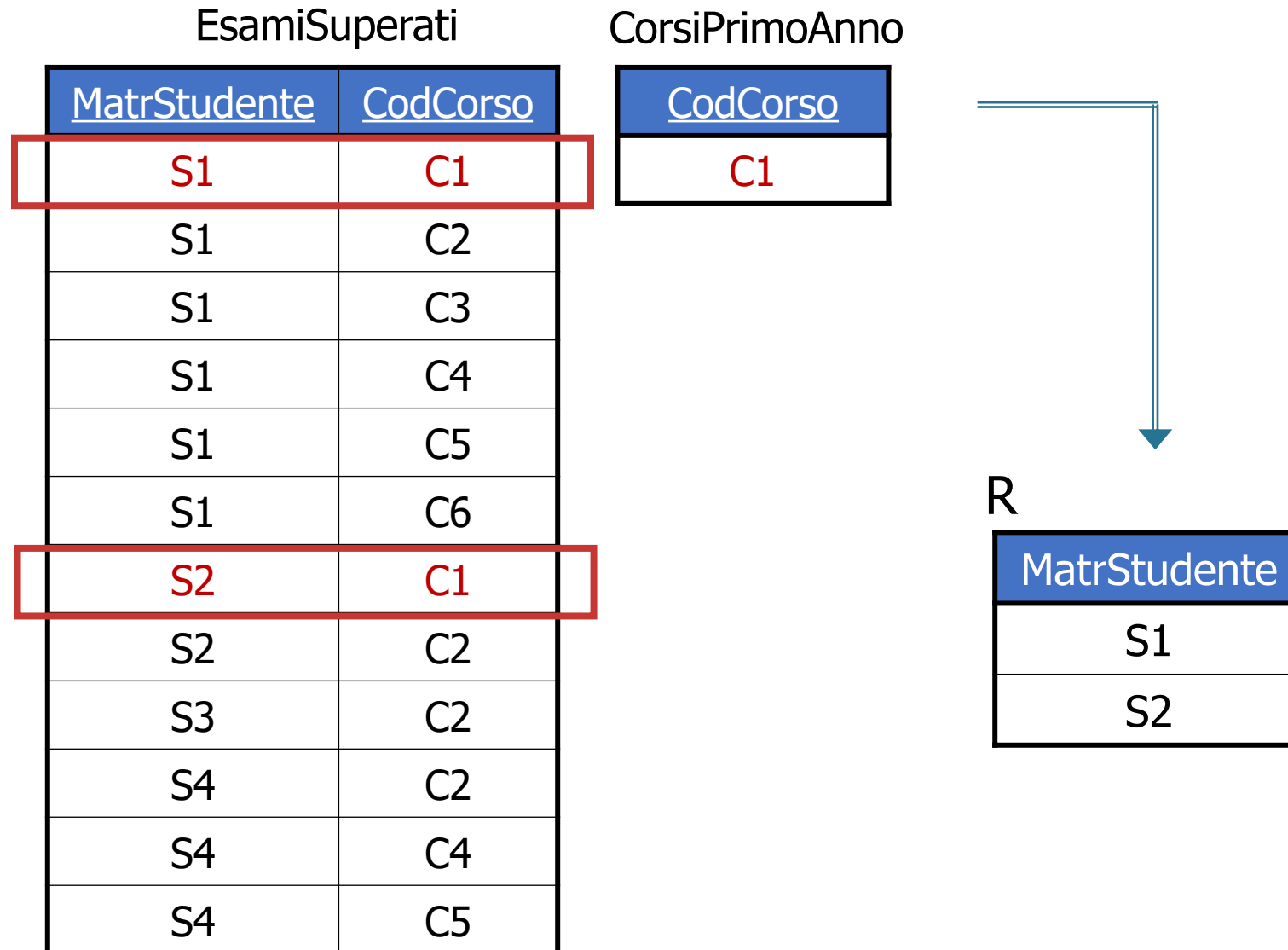
Divisione: esempio

- *Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno*

EsamiSuperati		CorsiPrimoAnno
<u>MatrStudente</u>	<u>CodCorso</u>	<u>CodCorso</u>
S1	C1	C1
S1	C2	
S1	C3	
S1	C4	
S1	C5	
S1	C6	
S2	C1	
S2	C2	
S3	C2	
S4	C2	
S4	C4	
S4	C5	

Divisione: esempio

- *Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno*



Divisione: esempio (n. 2)

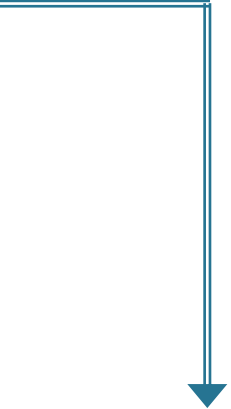
- Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno

MatrStudente	CodCorso
S1	C1
S1	C2
S1	C3
S1	C4
S1	C5
S1	C6
S2	C1
S2	C2
S3	C2
S4	C2
S4	C4
S4	C5

CodCorso
C2
C4

R

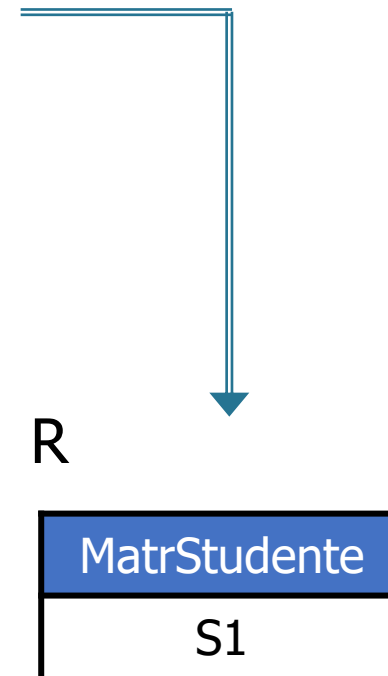
MatrStudente
S1
S4



Divisione: esempio (n. 3)

- Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno

EsamiSuperati		CorsiPrimoAnno
MatrStudente	CodCorso	<u>CodCorso</u>
S1	C1	C1
S1	C2	C2
S1	C3	C3
S1	C4	C4
S1	C5	C5
S1	C6	C6
S2	C1	
S2	C2	
S3	C2	
S4	C2	
S4	C4	
S4	C5	



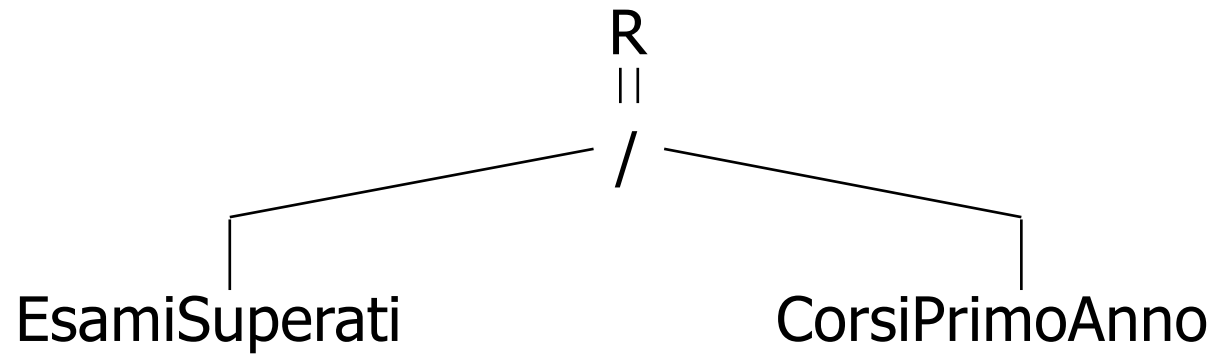
Divisione: definizione e proprietà

$$R = A / B$$

- La divisione della relazione A per la relazione B genera una relazione R
 - avente come schema *schema(A) - schema(B)*
 - contenente tutte le tuple di A tali che per ogni tupla (Y:y) presente in B esiste una tupla (X:x, Y:y) in A
- La divisione *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa

Divisione: esempio

- *Trovare gli studenti che hanno superato l'esame di **tutti** i corsi del primo anno*



$R = \text{EsamiSuperati} / \text{CorsiPrimoAnno}$

Altri operatori

- Sono stati proposti numerosi altri operatori per estendere il potere espressivo dell'algebra relazionale
 - estensione con un nuovo attributo, definito da un'espressione scalare
 - $PESO_LORDO = PESO_NETTO + TARA$
 - calcolo di funzioni aggregate
 - max, min, avg, count, sum
 - eventualmente con la definizione di sottoinsiemi in cui raggruppare i dati (GROUP BY di SQL)