


**Modello relazionale e algebra relazionale**

Algebra relazionale

DBG

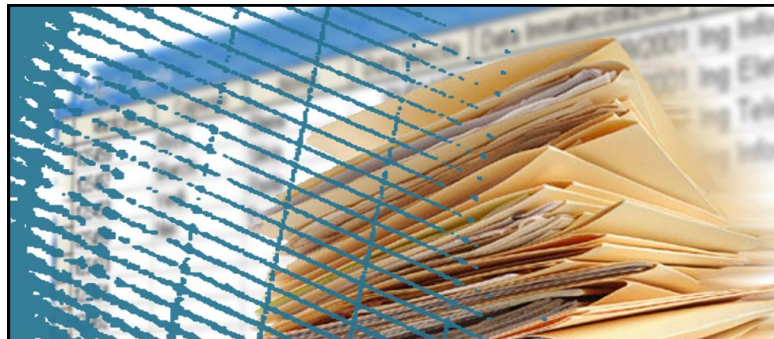


**Algebra relazionale**

- 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

DBG


2



## Algebra relazionale

### Introduzione

DBG



## 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

DBG

4

## Operatori dell'algebra relazionale

- ▷ Operatori unari
  - selezione ( $\sigma$ )
  - proiezione ( $\pi$ )
- ▷ Operatori binari
  - prodotto cartesiano ( $\times$ )
  - join ( $\bowtie$ )
  - unione ( $\cup$ )
  - intersezione ( $\cap$ )
  - differenza ( $-$ )
  - divisione ( $/$ )



5

## Operatori dell'algebra relazionale

- ▷ Operatori insiemistici
  - unione ( $\cup$ )
  - intersezione ( $\cap$ )
  - differenza ( $-$ )
  - prodotto cartesiano ( $\times$ )
- ▷ Operatori relazionali
  - selezione ( $\sigma$ )
  - proiezione ( $\pi$ )
  - join ( $\bowtie$ )
  - divisione ( $/$ )



6



### Relazioni d'esempio

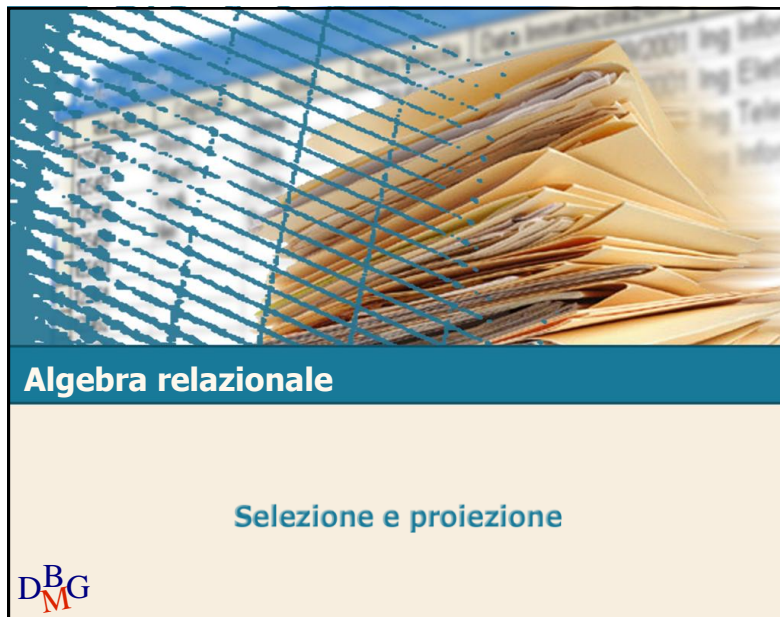
Corsi

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

Docenti


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

 7



### Algebra relazionale

Selezione e proiezione



## Selezione

➤ La selezione estrae un sottoinsieme "*orizzontale*" della relazione

- opera una decomposizione orizzontale della relazione



DBG  
M

9

## Selezione: esempio

➤ *Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre*

DBG  
M

10

## Selezione: esempio

Corsi

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



R

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBG

11

## Selezione: definizione

$$R = \sigma_p A$$

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

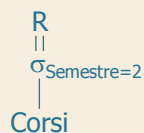
DBG

12

## Selezione: esempio

➤ Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre

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



Corsi

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

DBG  
M

13

## Proiezione

➤ La proiezione estrae un sottoinsieme "verticale" della relazione

- opera una decomposizione verticale della relazione


DBG  
M

14

### Proiezione: esempio (n. 1)

➤ *Trovare il nome dei docenti*



15

### Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti

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



16



### Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti

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



R

NomeDoc
Verdi
Neri
Bianchi

DBG  
M

17

### Proiezione: definizione

$$R = \pi_L A$$

⊃ La proiezione genera una relazione R

- avente come schema la lista di attributi L (sottoinsieme dello schema di A)
- contenente tutte le tuple presenti in A

DBG  
M

18

### Proiezione: esempio (n. 1)

➤ *Trovare il nome dei docenti*



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

Docenti

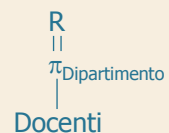
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBG  
M

19

### Proiezione: esempio (n. 2)

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



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

DBG  
M

20

### Proiezione: esempio (n. 2)

Docenti

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



R

Dipartimento
Informatica
Elettronica

DBG  
M

21

### Proiezione: definizione

$$R = \pi_L A$$

- La proiezione 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

DBG  
M

22

## Selezione+proiezione: esempio

➤ *Selezionare il nome dei corsi nel secondo semestre*

DBG  
M

23

## Selezione+proiezione: esempio

Corsi

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



Selezione

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102

DBG  
M

### Selezione+proiezione: esempio

Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102



Proiezione

R

NomeCorso
Sistemi digitali
Basi di dati

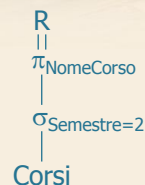
DBG

25

### Selezione+proiezione: esempio

➤ Trovare il nome dei corsi  
nel secondo semestre

$$R = \pi_{\text{NomeCorso}}(\sigma_{\text{Semestre}=2} \text{Corsi})$$



Corsi

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

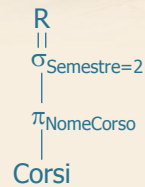
DBG

26

### Selezione+proiezione: esempio (corretto?)

▷ Trovare il nome dei corsi  
nel secondo semestre

$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2} (\pi_{\text{NomeCorso}} \text{Corsi})$$



Corsi

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

DBG  
M

27

### Selezione+proiezione: soluzione errata

Corsi

Codice	<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

NomeCorso
Informatica 1
Sistemi digitali
Elettronica
Basi di dati

DBG  
M

28

### Selezione+proiezione: soluzione errata

NomeCorso
Informatica 1
Sistemi digitali
Elettronica
Basi di dati

⤵ L'attributo Semestre non esiste più

- non è più disponibile l'informazione relativa al semestre
- non si può eseguire l'operazione di selezione

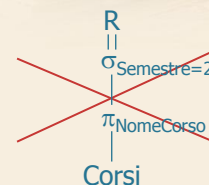
DBG  
M

29

### Selezione+proiezione: soluzione errata

⤵ *Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre*

$$R = \sigma_{\text{Semestre}=2}(\pi_{\text{NomeCorso}}(\text{Corsi}))$$




Corsi

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



DBG  
M

30




## Algebra relazionale

### Prodotto cartesiano e join



## 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



32



### Prodotto cartesiano: esempio

➤ *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*



33

### Prodotto cartesiano: esempio

Corsi

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

Docenti

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



34

### 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

DB  
MG

35

### 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

DB  
MG

36

### 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
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

DBG  
M

37

### Prodotto cartesiano: definizione

$$R = A \times B$$

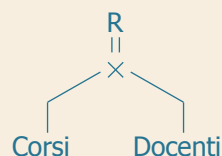
- Il prodotto cartesiano di due relazioni A e B genera una relazione R
  - avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
  - contenente tutte le coppie formate da una tupla di A e una tupla di B
- Il prodotto cartesiano è
  - commutativo
    - $A \times B = B \times A$
  - associativo
    - $(A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

DBG  
M

38

## Prodotto cartesiano: esempio

➤ *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*



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

DBG  
M

39

## Legame tra attributi

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. Matr.Docente	Docenti. Matr.Docente	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

DBG  
M

40

## 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*

## Join: esempio

Corsi

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

Docenti

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

DBG

43

## Join: esempio

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

DBG

44

## Join: esempio

R

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



45

## Join: esempio

R

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

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



46



### Join: definizione

- Il join è un operatore derivato
  - può essere espresso utilizzando gli operatori  $\times$ ,  $\sigma_{p_r}$ ,  $\pi_L$
- 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



47



### Algebra relazionale

Natural join, theta-join e semi-join





### Natural join: definizione

$$R = A \bowtie B$$

➤ 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**

DBG  
M

49

### Natural join: proprietà

$$R = A \bowtie B$$

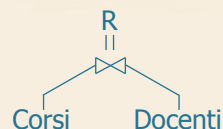
➤ Il natural join è commutativo e associativo

DBG  
M

50

## Natural join: esempio

➤ Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono



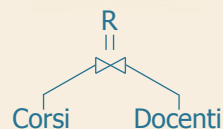
DBG  
M

51

## 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	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

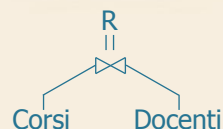
DBG  
M

52

## 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	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

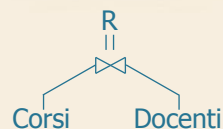
DBG  
M

53

## 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	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

DBG  
M

54

### Natural join: esempio

R

Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	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



55

### Theta-join

▷ 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*"



56

### Theta-join: esempio

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



57

### Theta-join: esempio

Corsi C1

Codice	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

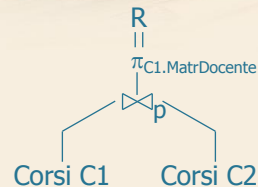
Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102



58

## Theta-join: esempio

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



$p: C1.MatrDocente = C2.MatrDocente \wedge C1.Codice \neq C2.Codice$

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

DBG

59

## 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
M2170	Informatica 1	1	D102	F0410	Basi di dati	2	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F1401	Elettronica	1	D104
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
F1401	Elettronica	1	D104	M2170	Informatica 1	1	D102
F1401	Elettronica	1	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104	F1401	Elettronica	1	D104
F1401	Elettronica	1	D104	F0410	Basi di dati	2	D102
F0410	Basi di dati	2	D102	M2170	Informatica 1	1	D102
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

DBG

## 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	F0410	Basi di dati	2	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104	F1401	Elettronica	1	D104
F1401	Elettronica	1	D104	M4880	Sistemi digitali	2	D104
F0410	Basi di dati	2	D102	M2170	Informatica 1	1	D102

R

Corsi C1. MatrDocente
D102
D104

61

## Theta-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

- $\triangleright$  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  $p$
- $\triangleright$  Il predicato  $p$  è nella forma  $X \theta Y$ 
  - X è un attributo di A, Y è un attributo di B
  - $\theta$  è un operatore di confronto compatibile con i domini di X e di Y
- $\triangleright$  Il theta-join è commutativo e associativo

62

### Equi-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

▷ Equi-join

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



63

### Semi-join

▷ 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



64



### Semi-join: esempio

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



65

### Semi-join: esempio

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



66

## 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

DBG

67

## Semi-join: esempio

<i>Docenti. MatrDocente</i>	<i>Docenti. NomeDoc</i>	<i>Docenti. Dipartimento</i>	Corsi. Codice	Corsi. NomeCorso	Corsi. Semestre	Corsi. MatrDocente
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	M2170	Informatica 1	1	D102
<i>D102</i>	<i>Verdi</i>	<i>Informatica</i>	F0410	Basi di dati	2	D102
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	M4880	Sistemi digitali	2	D104
<i>D104</i>	<i>Bianchi</i>	<i>Elettronica</i>	F1401	Elettronica	3	D104

R

Docenti. MatrDocente	Docenti. NomeDoc	Docenti. Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBG

68

### Semi-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

- 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)



69

### Semi-join: proprietà

- Il semi-join può essere espresso in funzione del theta-join
  - $A \bowtie_p B = \pi_{\text{schema}(A)}(A \bowtie_p B)$
- Il semi-join *non gode* della proprietà commutativa

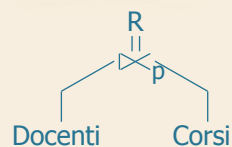


70

## 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
D102	Verdi	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBG

71

## Algebra relazionale

Outer join

DBG

## 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



73

## 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



74

## Left outer-join: esempio

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



75

## Left outer-join: esempio

Docenti

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

Corsi

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



76

## 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

DBG

77

## 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
D105	Neri	Informatica	null	null	null	null

DBG

78

## Left outer-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

➤ Il left outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

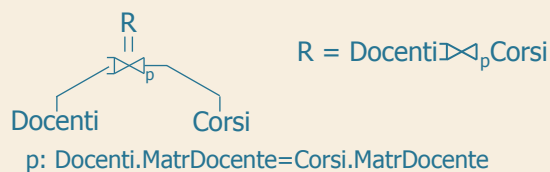
- avente come schema l'unione degli schemi di A e di B
- contenente le coppie formate da
  - una tupla di A e una tupla di B per cui è vero il predicato  $p$
  - una tupla di A che non è correlata mediante il predicato  $p$  a tuple di B completata con valori nulli per tutti gli attributi di B

➤ Il left outer-join *non è* commutativo

79

## Left outer-join: esempio

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



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
D104	Neri	Informatica	null	null	null	null



### Right outer-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

➤ 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

81

### Full outer-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

➤ 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



82

### Full outer-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

⇒ Il full outer-join di due relazioni A e B genera una relazione R

- 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



83

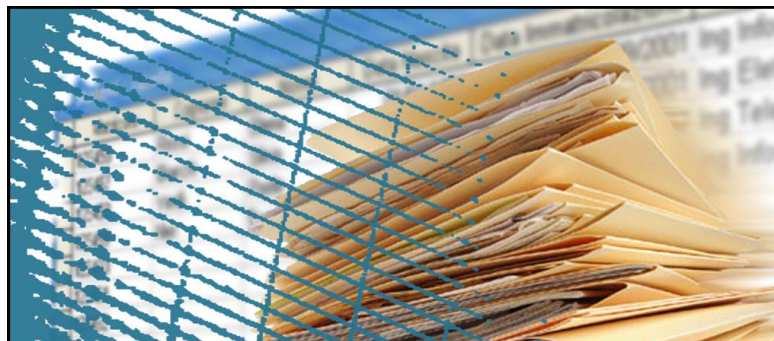
### Full outer-join: proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

⇒ Il full outer-join è commutativo





84




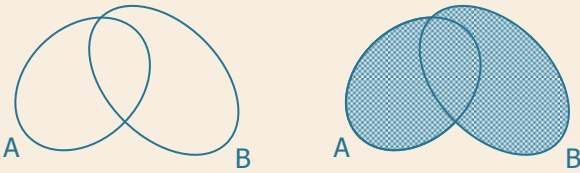
## Algebra relazionale

### Unione e intersezione



## Unione

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



86

## Unione: relazioni d'esempio

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*

## Unione: esempio

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

DBG  
M

## Unione: definizione

$$R = A \cup B$$

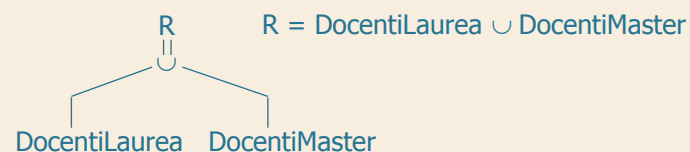
- L'unione di due relazioni A e B genera una relazione R
- avente lo stesso schema di A e B
  - contenente tutte le tuple appartenenti ad A e tutte le tuple appartenenti a B (o a entrambi)
- *Compatibilità*
- le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- Le tuple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

DBG  
M

90

## Unione: esempio

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



R

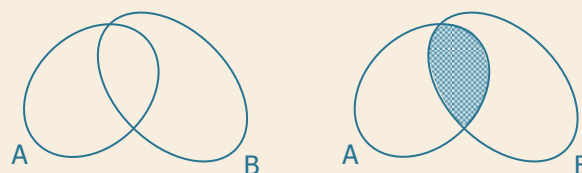
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica
D101	Rossi	Elettrica

DBG  
M

91

## Intersezione

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



DBG  
M

92

### Intersezione: esempio

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



### Intersezione: esempio

DocentiLaurea

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

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica



94

### Intersezione: esempio

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

95

### Intersezione: definizione

$$R = A \cap B$$

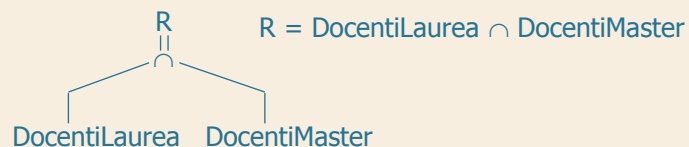
- L'intersezione di due relazioni A e B genera una relazione R
  - avente lo stesso schema di A e B
  - contenente tutte le tuple appartenenti sia ad A sia a B
- **Compatibilità**
  - le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- L'intersezione è commutativa e associativa

96



## Intersezione: esempio

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



R

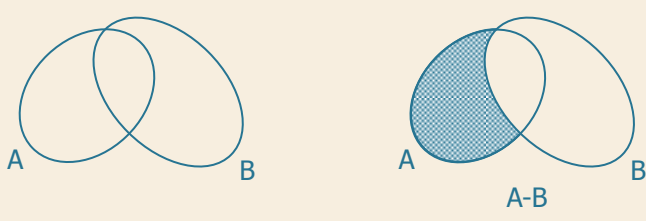
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica

## Algebra relazionale

Differenza e antijoin

### Differenza

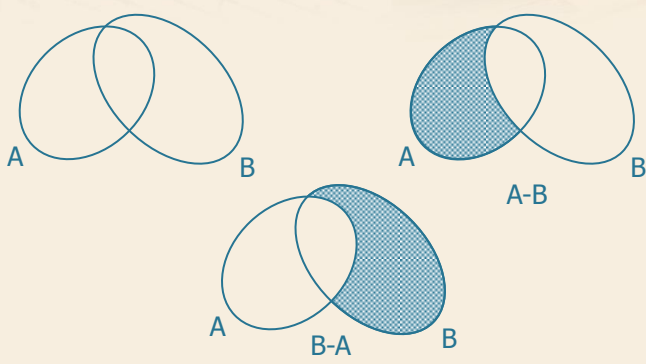
⤵ La differenza di due relazioni A e B seleziona tutte le tuple presenti *esclusivamente* in A



DBG

99

### Differenza



DBG

$A-B \neq B-A$

100

### Differenza: esempio (n.1)

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

101

### Differenza: esempio (n.1)

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

102

## Differenza: definizione

$$R = A - B$$

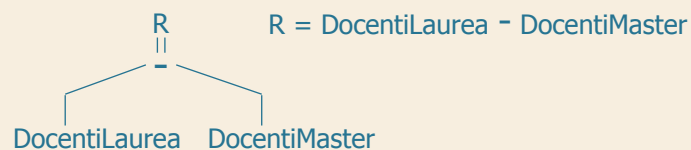
- La differenza di due relazioni A e B genera una relazione R
  - avente lo stesso schema di A e di B
  - contenente tutte le tuple appartenenti ad A che non appartengono a B
- *Compatibilità*
  - le relazioni A e B devono avere lo stesso schema (numero e tipo degli attributi)
- La differenza *non gode*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

DBG  
M

103

## Differenza: esempio (n.1)

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



R

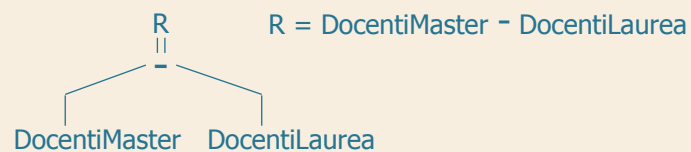
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica
D104	Bianchi	Elettronica

DBG  
M

104

## Differenza: esempio (n. 2)

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



DBG

105

## Differenza: esempio (n. 2)

DocentiMaster

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

DocentiLaurea

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

R

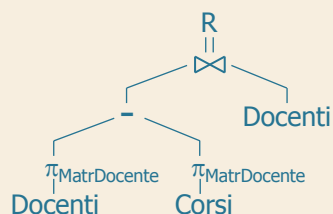
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D101	Rossi	Elettrica

DBG

106

### Differenza: esempio (n. 3)

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



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

DBG

107

### Differenza: esempio (n. 3)

Matricole dei docenti →

Docenti

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

Corsi

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

Matricole dei docenti che tengono almeno un corso

DBG

108

### Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
D102
<i>D105</i>
D104

Differenza →

MatrDocente
D102
D104

MatrDocente
D105

DBG

109

### Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
<i>D105</i>

Docenti

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

Natural Join

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica

DBG

110

## Anti-join

- ⊃ 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



111

## Anti-join: esempio

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



112



## Anti-join: esempio

Docenti

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

Corsi

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

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica

113

DBG

## Anti-join: definizione

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

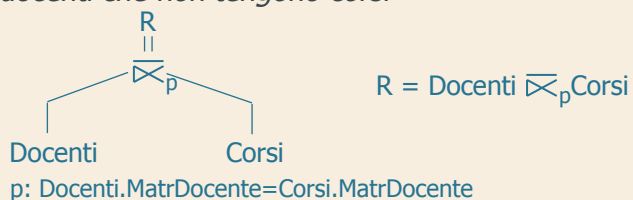
- L'anti-join di due relazioni A e B genera una relazione R
  - avente lo stesso schema di A
  - contenente tutte le tuple di A per cui non esiste nessuna tupla in B per cui è vero il predicato *p*
- Il predicato *p* è espresso nella stessa forma del theta-join e del semi-join
- L'anti-join *non gode*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

DBG

114

## Anti-join: esempio

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



R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica

DBG

115

## Algebra relazionale

Divisione e altri operatori

DBG

## Divisione: esempio

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

EsamiSuperati

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

CorsiPrimoAnno

CodCorso
...
...
...
...

DBG

117

## Divisione: esempio

EsamiSuperati

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

CorsiPrimoAnno

CodCorso
C1

R

MatrStudente
S1
S2

DBG

118

### Divisione: esempio (n. 2)

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

D B G

119

### Divisione: esempio (n. 2)

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

D B G

120

### Divisione: esempio (n. 3)

EsamiSuperati

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

CorsiPrimoAnno

CodCorso
C1
C2
C3
C4
C5
C6

R

MatrStudente
S1

121

### Divisione: definizione

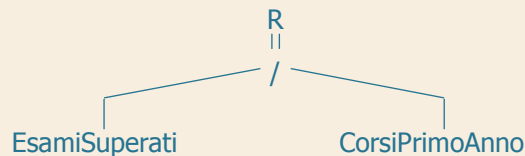
$R = A / B$

- 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

122

### 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)