


**Modello relazionale e algebra relazionale**

Algebra relazionale

DBG

1



**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

2




## Algebra relazionale

### Introduzione




3



## 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



4

4

## Operatori dell'algebra relazionale

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

DBG

5

5

## Operatori dell'algebra relazionale

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

DBG

6

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

DBG

7

7



**Algebra relazionale**

**Selezione e proiezione**

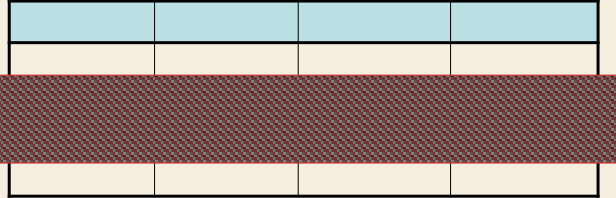
DBG

8

## Selezione

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

- opera una decomposizione orizzontale della relazione



DBG

9

9

## Selezione: esempio

▷ *Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre*

DBG

10

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

11

11

### Selezione: definizione

$$R = \sigma_p A$$

- ▷ 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  $p$
- ▷ 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

12

12

### Selezione: esempio

▷ Trovare i corsi tenuti nel secondo semestre

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

$$\begin{array}{c} R \\ || \\ \sigma_{\text{Semestre}=2} \\ | \\ \text{Corsi} \end{array}$$

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

13

13

### Proiezione

▷ La proiezione estrae un sottoinsieme "verticale" della relazione

- opera una decomposizione verticale della relazione

14

14

### Proiezione: esempio (n. 1)

⇒ *Trovare il nome dei docenti*



15

15

### Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti

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



16

16



### Proiezione: esempio (n. 1)

Docenti

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

↓

R

NomeDoc
Verdi
Neri
Bianchi

DBM

17

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

DBM

18

18

### Proiezione: esempio (n. 1)


▷ *Trovare il nome dei docenti*

$$\begin{array}{c}
 R \\
 || \\
 \pi_{\text{NomeDoc}} \\
 | \\
 \text{Docenti}
 \end{array}$$

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

Docenti

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


19


19

### Proiezione: esempio (n. 2)

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

$$\begin{array}{c}
 R \\
 || \\
 \pi_{\text{Dipartimento}} \\
 | \\
 \text{Docenti}
 \end{array}$$

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


20

20

### Proiezione: esempio (n. 2)

Docenti

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

↓

R

Dipartimento
Informatica
Elettronica

DBM

21

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

DBM

22

22

### Selezione+proiezione: esempio

➤ *Selezionare il nome dei corsi nel secondo semestre*

23

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

24

24

### Selezione+proiezione: esempio

Codice	NomeCorso	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

DBM

25

25

### Selezione+proiezione: esempio

▷ Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre

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

R

||

$\pi_{\text{NomeCorso}}$

|

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

Corsi

Corsi

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

DBM

26

26

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

$\triangleright$  *Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre*

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

$$\begin{array}{c}
 R \\
 \parallel \\
 \sigma_{Semestre=2} \\
 \parallel \\
 \pi_{NomeCorso} \\
 \parallel \\
 Corsi
 \end{array}$$

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

27

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

28

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

29

29

### Selezione+proiezione: soluzione errata

> *Trovare il nome dei corsi nel secondo semestre*

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

~~$$\begin{array}{c}
 R \\
 \parallel \\
 \sigma_{\text{Semestre}=2} \\
 \mid \\
 \pi_{\text{NomeCorso}} \\
 \mid \\
 \text{Corsi}
 \end{array}$$~~

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

30

30




## Algebra relazionale

### Prodotto cartesiano e join




31



## 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

32



### Prodotto cartesiano: esempio

⇒ *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*


33

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

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

35

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

36

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
<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>

37

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
  - $(A \times B) \times C = A \times (B \times C) = A \times B \times C$

38

38

### Prodotto cartesiano: esempio

➤ *Trovare il prodotto cartesiano tra Corsi e Docenti*

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

39

39

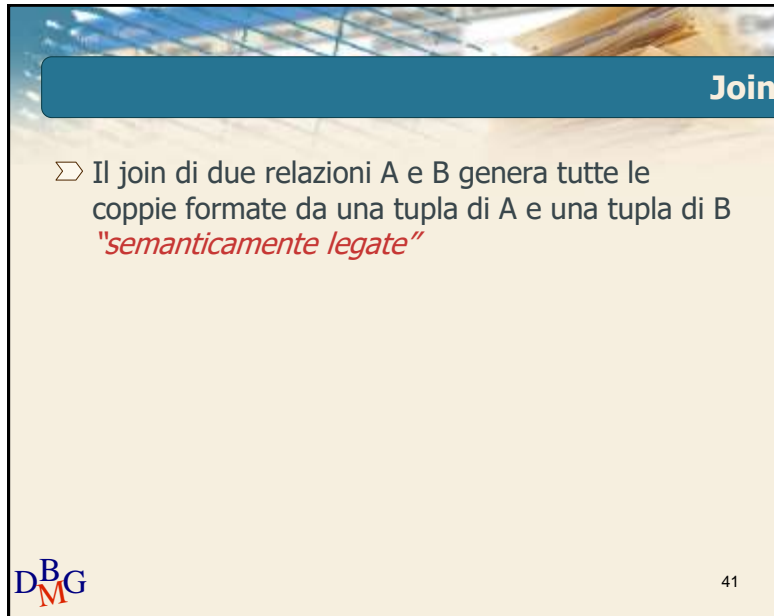
### Legame tra attributi

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


40

40

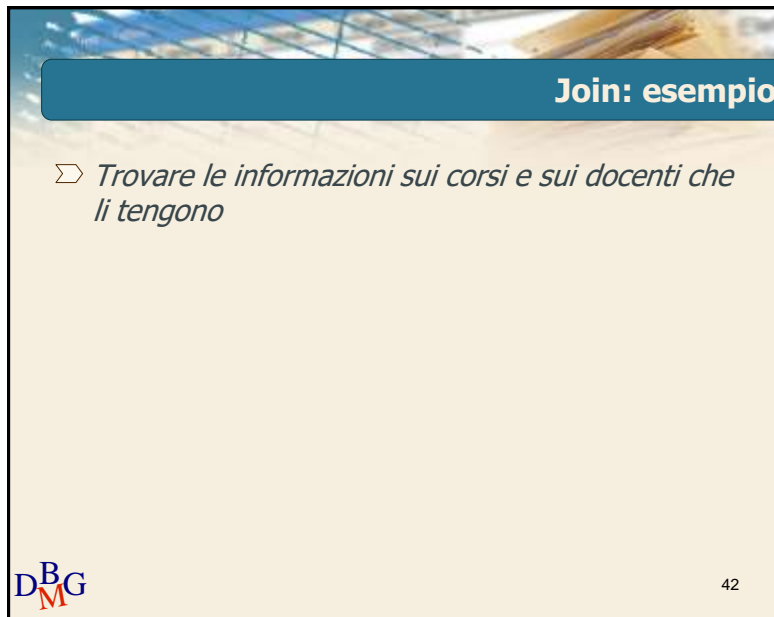


## Join

▷ 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"*


 41

41



## Join: esempio

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

 42

42

### 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

43

43

### Join: esempio

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

44

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

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

46



## Join: definizione

- ▷ Il join è un operatore derivato
  - può essere espresso utilizzando gli operatori  $\times$ ,  $\sigma_p$ ,  $\pi_L$
- ▷ 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

47



## Algebra relazionale

Natural join, theta-join e semi-join

48

48



## 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

49

49

## Natural join: proprietà

$$R = A \bowtie B$$

▷ Il natural join è commutativo e associativo


DBG

50

50

### Natural join: esempio

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


51


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


52

52

### Natural join: esempio

$\triangleright$  Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

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

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

53

53

### Natural join: esempio

$\triangleright$  Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti che li tengono

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

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

54

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

### 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*"

### Theta-join: esempio

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

57

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

58

### Theta-join: esempio

$\triangleright$  *Trovare la matricola dei docenti che sono titolari di almeno due corsi*

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

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

59

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
<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

60

60


### 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

61

### Theta-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

- ▷ 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
  - $\theta$  è un operatore di confronto compatibile con i domini di X e di Y
- ▷ Il theta-join è commutativo e associativo


62

62

### Equi-join: definizione

$$R = A \bowtie_p B$$

▷ Equi-join

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

DBG 63

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

DBG 64

64



### Semi-join: esempio

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

65

65

### Semi-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

66

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

67

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

68

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)

### 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

### Semi-join: esempio

$\triangleright$  *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

71

71

## Algebra relazionale

### Outer join

72

## 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

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

74

### Left outer-join: esempio

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

75

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

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

DBM

77

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

DBM

78

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

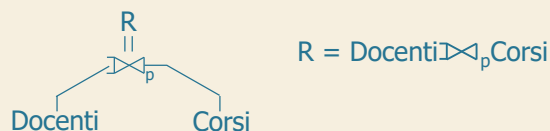
▷ Il left outer-join *non è* commutativo

79

79

## Left outer-join: esempio

▷ Trovare le informazioni sui docenti e sui corsi che tengono



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

R  
p: Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente

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

80



### 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

81

### Right outer-join: esempio

Docenti

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

Corsi

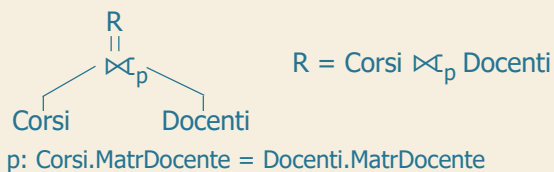
Codice	NomeCorso	Semestre	MatrDocente
M2170	Informatica 1	1	D102
M4880	Sistemi digitali	2	D104
F1401	Elettronica	1	D104
F0410	Basi di dati	2	D102
E0015	Lingua inglese	1	E001

82

82

## Right outer-join: esempio

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



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
E0015	Lingua inglese	1	E001	<i>null</i>	<i>null</i>	<i>null</i>

83

## 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

84


84

### 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



85

85

### Full outer-join: proprietà

$$R = A \bowtie_p B$$

▷ Il full outer-join è commutativo


86

86

### Full 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
E0015	Lingua inglese	1	E001

87

87

### Full outer-join: esempio

➤ *Trovare le informazioni sui corsi e sui docenti*

$$\begin{array}{c}
 R \\
 || \\
 \bowtie_p \\
 \swarrow \quad \searrow \\
 \text{Corsi} \quad \text{Docenti}
 \end{array}$$


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

p: Corsi.MatrDocente = Docenti.MatrDocente

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
E0015	Lingua inglese	1	E001	null	null	null
null	null	null	null	D105	Neri	Informatica


88

88




## Algebra relazionale

### Unione e intersezione


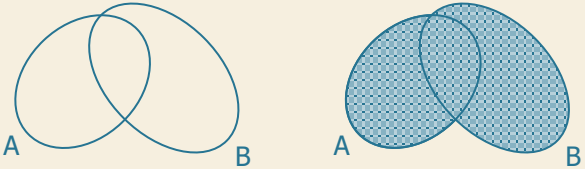


89



## Unione

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



90

90


### 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


91

91

### Unione: esempio

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


92

92

### 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



93

### 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



94

94

### Unione: esempio

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

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

$R$

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

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

95

95

### Intersezione

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

96

96



## Intersezione: esempio

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



97

## 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



98

98


### Intersezione: esempio

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

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica
D101	Rossi	Elettrica

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D102	Verdi	Informatica



99

99

### 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


100

100

### 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

101

101

## Algebra relazionale

### Differenza e antijoin

102

### Differenza

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

103

103

### Differenza

$A-B \neq B-A$

104

104

## Differenza: esempio (n.1)

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



105

105

## 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




106

106

### 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

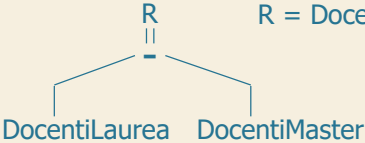

107

107


### 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


108


108

### Differenza: esempio (n. 2)

$\triangleright$  *Trovare i docenti di corsi di master ma non di laurea*

$$\begin{array}{c}
 R \\
 || \\
 \text{DocentiMaster} \quad \text{DocentiLaurea}
 \end{array}$$

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


109

109

### 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


110

110

### Differenza: esempio (n. 3)

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

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

111

111

### Differenza: esempio (n. 3)

Matricole dei 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

112

112



### Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
D102
<i>D105</i>
D104

← Matricole dei docenti

Differenza →

MatrDocente
D105

← Matricole dei docenti che tengono almeno un corso


113

113

### Differenza: esempio (n. 3)

MatrDocente
<i>D105</i>

Natural Join


Docenti

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

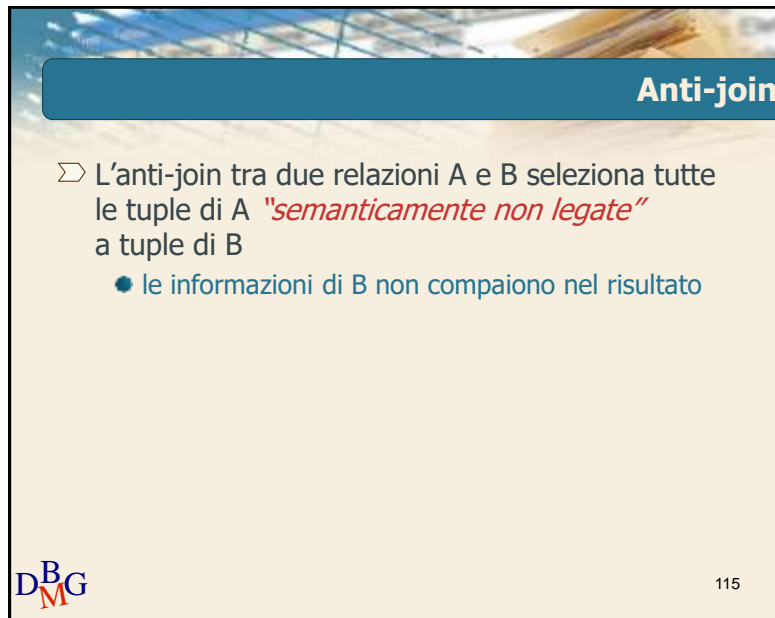
↓

R

MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica


114

114



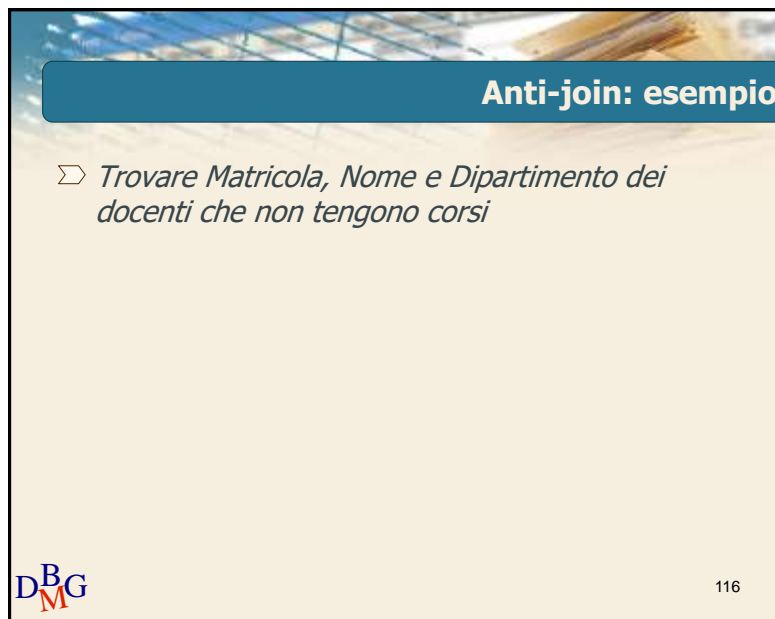
**Anti-join**

▷ 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

DBG  
115

115



**Anti-join: esempio**

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

DBG  
116

116

### 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

117

117

### 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

118

118

### Anti-join: esempio

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


$$\begin{array}{c}
 R \\
 \parallel \\
 \bowtie_p \\
 \begin{array}{cc}
 \swarrow & \searrow \\
 \text{Docenti} & \text{Corsi}
 \end{array}
 \end{array}$$

p: Docenti.MatrDocente=Corsi.MatrDocente

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

R		
MatrDocente	NomeDoc	Dipartimento
D105	Neri	Informatica


119

119



## Algebra relazionale

### Divisione e altri operatori



120

### 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
C1
C2
C3
C4
C5
C6


121

121

### 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


122

122


### Divisione: esempio (n. 2)

**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
C2
C4


123

123

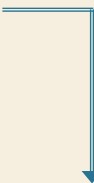
### Divisione: esempio (n. 2)

**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
C2
C4



**R**

MatrStudente
S1
S4


124

124


### Divisione: esempio (n. 3)

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
C1
C2
C3
C4
C5
C6

R

MatrStudente
S1



125

125

### 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  $(b_1, b_2, b_3, \dots)$  in B esiste una tupla  $(a_1, a_2, a_3, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots)$  in A
- ▷ La divisione *non gode* né della proprietà commutativa, né della proprietà associativa


126

126

### Divisione: esempio

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

```

graph TD
    R[R] --- ES[EsamiSuperati]
    R --- CP[CorsiPrimoAnno]
  
```

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

DBM

127

127

### 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)

DBM

128

128