

#### Il modello relazionale

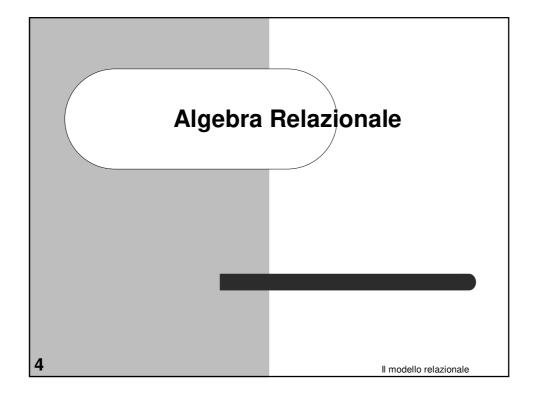
- Il modello relazionale, sebbene non sia stato il modello usato nei primi DBMS, è divenuto lentamente il modello più importante al punto che è oggi comunemente usato in quasi tutti i DBMS disponibili a livello commerciale
- la ragione principale della popolarità di questo modello è che fornisce linguaggi semplici e <u>di tipo dichiarativo</u>, ma al tempo stesso potenti, con cui esprimere le operazioni per l'accesso e la manipolazione dei dati

2

### Operazioni nel Modello Relazionale

- Le operazioni sulle relazioni possono essere espresse in due formalismi di base:
  - Algebra relazionale: le interrogazioni (query) sono espresse applicando operatori specializzati alle relazioni
  - Calcolo relazionale: le interrogazioni (query) sono espresse per mezzo di formule logiche che devono essere verificate dalle tuple ottenute come risposta all'interrogazione
  - i due formalismi (sotto opportune ipotesi) sono equivalenti

3



#### Algebra Relazionale

- Esistono cinque operazioni di base:
  - Unione
  - Differenza
  - Prodotto cartesiano
  - Proiezione
  - Selezione
- queste operazioni definiscono completamente l'algebra relazionale

5

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale

- Ogni operazione restituisce come risultato una relazione: è pertanto possibile applicare una operazione al risultato di un'altra operazione (proprietà di chiusura)
- esistono operazioni addizionali, che possono essere espresse in termini delle cinque operazioni di base

6

#### Algebra Relazionale

- Tali operazioni non aggiungono potere espressivo all'insieme delle operazioni di base, ma sono utili come abbreviazioni; di queste la più importante è l'operazione di join
- rispetto alla notazione per nome del modello relazionale, può essere utile introdurre una ulteriore operazione di renaming che permette di modificare i nomi degli attributi

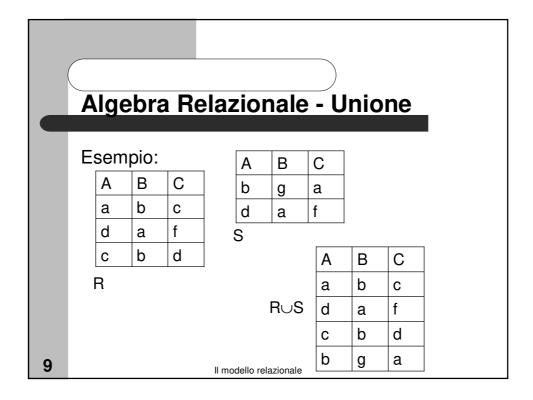
7

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale - Unione

- L'unione di due relazioni R, S, indicata con R∪S
  - è l'insieme delle tuple in R, S o in entrambe
- l'unione di due relazione può essere fatta solo se hanno lo stesso grado; inoltre il primo attributo di R deve avere dominio compatibile con il primo attributo di S, il secondo attributo di R deve avere dominio compatibile con il secondo attributo di S, e così via
- le tuple duplicate vengono eliminate
- il grado della relazione risultato è uguale al grado delle relazioni operandi Il modello relazionale

8



#### Algebra Relazionale - Differenza

- La differenza di due relazioni R ed S, indicata con R-S è l'insieme delle tuple che sono in R ma non in S
- la differenza (come l'unione) può essere eseguita solo se le relazioni hanno lo stesso grado e gli attributi hanno domini compatibili
- il grado della relazione risultato è uguale al grado delle relazioni operandi

10

# Algebra Relazionale - Differenza

• Esempio:

Α	В	С			
a	b	С			
d	a	f			
С	b	d			

A B C b g a d d a f S

R

R-S

Α	В	С
a	b	С
С	b	d

11

Il modello relazionale

### Algebra Relazionale – Prodotto Cartesiano

 Il prodotto cartesiano di due relazioni R ed S, di grado k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, indicato con:

RXS

è una relazione di grado  $k_1 + k_2$  le cui tuple sono tutte le tuple che hanno:

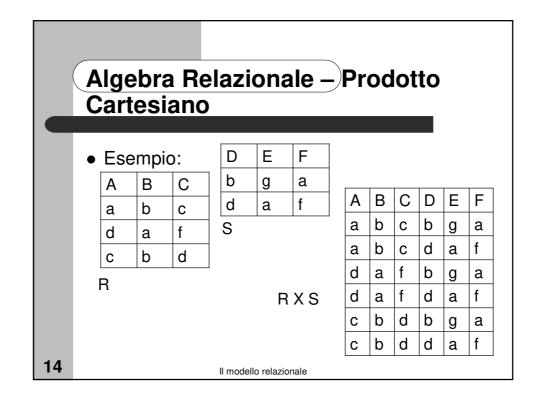
- come prime k<sub>1</sub> componenti le tuple di R
- come seconde k<sub>2</sub> componenti le tuple di S

12

### Algebra Relazionale – Prodotto Cartesiano

- Nella relazione risultato i nomi dei primi k<sub>1</sub>
   attributi sono i nomi degli attributi della
   relazione R e i nomi degli ultimi k<sub>2</sub> attributi sono
   i nomi degli attributi della relazione S
- se le due relazioni hanno attributi con lo stesso nome, è necessario ridenominare gli attributi in una delle due relazioni

13



#### Algebra Relazionale - Proiezione

 La proiezione di una relazione R su un insieme di attributi A={A<sub>1</sub>,...A<sub>m</sub>}, A ⊆ U<sub>R</sub>, indicata con:

 $\Pi_{A1,\dots,Am} \; R$ 

- è una relazione di grado m le cui tuple hanno come attributi solo quelli specificati in A
- pertanto la proiezione genera un insieme T di m-tuple tali che se  $t=[A_1:v_1,...A_m:v_m]$  è in T allora esiste una tupla t' in R tale che per ogni  $A_i$  in  $A_i$ ,  $t[A_i]=t'[A_i]$
- nella relazione risultato gli attributi hanno l'ordine specificato in A

15

Il modello relazionale

### Algebra Relazionale - Proiezione

• Esempio:

Α	В	С
а	b	С
d	а	f
С	b	d

Α	С
а	С
d	f
С	d

 $\Pi_{A,C}(R)$ 

 $R_{\Gamma}$ 

В	
۵	$\Pi_{B}(R)$
а	

 $\Pi_{B,A}(R)$ 

16

#### Algebra Relazionale - Predicati

- Un predicato *F* su una relazione R ha una delle seguenti forme:
  - predicato semplice
  - combinazione booleana di predicati semplici (tali combinazioni sono ottenute con i connettivi AND, OR e NOT)

17

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale - Predicati

- Un predicato semplice ha una delle seguenti forme:
  - A op costante
  - A op A'

A e A' sono attributi di R, op è un operatore relazionale di confronto >,<,>=,<=,=, ecc., costante è una costante compatibile con il dominio di A

18

### Algebra Relazionale – Esempi di predicati

• B=b predicato semplice forma 1)

• A=C predicato semplice forma 2)

• B=b OR A=C combinazione booleana

• B=b AND A=C combinazione booleana

• NOT B=b combinazione booleana

19

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale - Selezione

• La selezione su una relazione R, dato un predicato F, indicata con:  $\sigma_{\scriptscriptstyle F}(R)$ 

è una relazione che contiene tutte e sole le tuple che verificano il predicato F

- il grado della relazione risultato è uguale al grado della relazione operando; i nomi degli attributi della relazione risultato sono gli stessi della relazione operando
- se nessuna tupla di R verifica il predicato *F*, allora il risultato è una relazione vuota

20

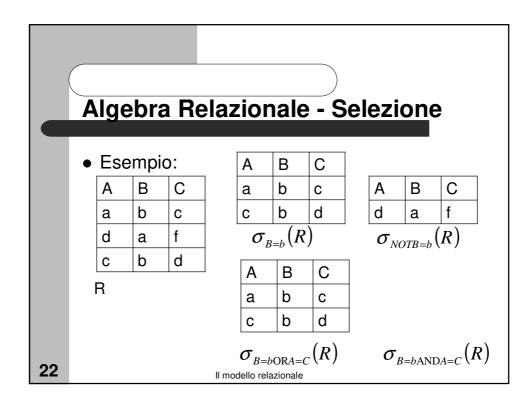
#### Algebra Relazionale - Selezione

- Se k è il grado di R, la selezione genera un insieme T di k-tuple
- sia t=A<sub>1</sub>:v<sub>1</sub>,...A<sub>k</sub>:v<sub>k</sub>] una k-tupla in T
- t è tale che:

$$F(A_1/t[A_1],...,A_k/t[A_k])$$

è vera, dove la notazione  $A_i/t[A_i]$  indica la sostituzione in F del nome di attributo  $A_i$  (se tale nome compare in F) con il valore  $t[A_i]$  dell'attributo di nome  $A_i$  in t

21



### Algebra Relazionale - Ridenominazione

 La ridenominazione di una relazione R rispetto ad una lista di coppie di nomi di attributi (A<sub>1</sub>,B<sub>1</sub>),..., (A<sub>m</sub>,B<sub>m</sub>) tale che A<sub>i</sub> è un nome di attributo di R, denotata con:

$$\rho_{A1,...,Am \;\leftarrow\; B1,\;...,Bm}\; R$$

ridenomina l'attributo di nome A<sub>i</sub> con il nome B<sub>i</sub>

• la ridenominazione è corretta se il nuovo schema della relazione R ha attributi con nomi tutti distinti

23

Il modello relazionale

### Algebra Relazionale - Ridenominazione

• Esempio:

La ridenominazione:

$$\rho_{A,B,C\leftarrow AA,BB,CC}(R)$$

cambia lo schema R(A,B,C) in R(AA,BB,CC)

24



• Q1: selezionare i nomi degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000

 $\Pi_{\text{Nome}}(\sigma_{\text{Stipendio}>2000}(\text{Impiegati}))$ 

Nome

Rosi

Blacchi

Neri

Dare

Verdi

25

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale - Esempi

 Q2: selezionare i nomi ed i numeri di dipartimento degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000 e hanno mansione di ingegnere

 $\Pi_{\text{Nome, Dip#}}(\sigma_{\text{Stipendio}>2000 \text{ AND Mansione} = 'ingegnere'}(\text{Impiegati}))$ 

Nome	Dip#
Neri	10
Dare	10

26

### Algebra relazionale - Operazioni di base

- Sia  $R = (A_1, ..., A_k)$  uno schema di relazione
- $\bullet$  indichiamo con  $\mathfrak{R}(\mathsf{R})$  l'insieme di tutte le relazioni su tale schema
- \_ \_ :  $\Re(R) \times \Re(R) \rightarrow \Re(R)$  $r1 \cup r2 = \{t \mid t \in r1 \lor t \in r2\}$

27

Il modello relazionale

### Algebra relazionale - Operazioni di base

- $\_\times\_: \Re(R1) \times \Re(R2) \rightarrow \Re(R1 \cup R2)$   $\operatorname{con} R1 \cap R2 = \emptyset$  $\operatorname{r1} \times \operatorname{r2} = \{\operatorname{t1}\cdot\operatorname{t2} \mid \operatorname{t1} \in \operatorname{r1}, \operatorname{t2} \in \operatorname{r2}\}$
- $\begin{array}{cccc} \bullet & & \pi_{R'} \ \_ \colon \ \Re(R) \ \to \Re(R') & con \ R' \subseteq R \\ & & \pi_{R'}(r) = \{t[R'] \mid t \in r\} \end{array}$
- $\begin{array}{ll} \bullet & & \sigma_{F-} \colon \ \Re(R) \ \to \Re(R) \\ & & \sigma_{F}(r) = \{t \ \big| \ t \in \ r, \ F(t)\} \end{array}$

28

#### Algebra Relazionale - Join

 Il join di due relazioni R ed S sugli attributi A di R ed A' di S, indicato con

è definito come  $\sigma_{A\theta A'}(R \times S)$ 

- il join è quindi un prodotto cartesiano seguito da una selezione
- il predicato AθA' è detto predicato di join

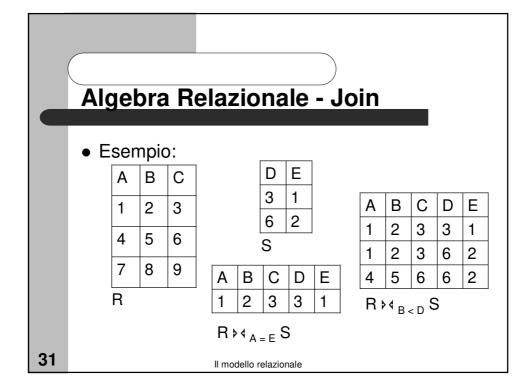
29

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale - Join

- Il grado della relazione risultato è uguale alla somma dei gradi delle relazioni operandi
- spesso il join è indicato con le seguenti notazioni: R.AθS.A' oppure R[AθA']S
- il join prende il nome di equijoin quando l'operatore θ nel predicato di join è l'operatore di uguaglianza

30



#### Algebra Relazionale – Join naturale

- L'operazione di join naturale è una 'semplificazione' del join
- si consideri l'interrogazione "ritrovare tutti gli impiegati e gli uffici dove lavorano". Se usiamo il join, tale interrogazione è espressa come:

 $\Pi_{\text{ Nome, Ufficio}} \text{ (Impiegati } \flat \triangleleft \text{ } \text{Impiegati.Dip\#=Dipartimenti.Dip\#} \text{ Dipartimenti)}$ 

• notare che questo join impone l'uguaglianza degli attributi che appaiono in entrambe le relazioni

32

#### Algebra Relazionale – Join naturale

- E' un tipo di join molto frequente
- l'operazione di join naturale indica un tipo di join basato sull'eguaglianza degli attributi comuni a due relazioni
- ha senso solo nella notazione con nome, a differenza delle altre operazioni

33

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale – Join naturale

- R, S relazioni, {A₁,...,Ak}=UR∩Us insieme degli attributi presenti sia nello schema di S che nello schema di R, {I₁,...,Im}= UR∪Us insieme degli attributi nello schema di R o nello schema di S
- l'espressione che definisce il join naturale è  $\Pi_{\text{II},\dots,\text{Im}} (\sigma_c(R \times (\rho_{\text{A1},\dots,\text{Ak}\leftarrow\text{S.A1},\dots,\text{S.Ak}}(S))))$

34

#### Algebra Relazionale – Join naturale

• Nella formula precedente c indica la formula

A1=S.A1 AND A2=S.A2 AND ... AND Ak=S.Ak

- il join naturale esegue pertanto un join uguagliando gli attributi con lo stesso nome delle due relazioni e poi elimina gli attributi duplicati
- il join naturale si indica con R > 4 S

35

Il modello relazionale

#### Algebra Relazionale – Join naturale • Esempio: С В D Α В C В C d b а С b С а b С d b а С е d b С b С е d d b С f b b d b а d d С е С а S R С а d b R > 4 S 36 Il modello relazionale

- si supponga che gli impiegati della base di dati di esempio siano assegnati a dei corsi di aggiornamento; ogni impiegato in genere partecipa a più corsi e viceversa ogni corso è seguito da più impiegati; vengono inoltre rappresentate le informazioni relativamente ai corsi
- si supponga, pertanto, che siano definite le seguenti relazioni

Segue (Imp#, Corso#)

Corsi (Corso#, Argomento, Durata)

37

Il modello relazionale

#### Algebra relazionale - Divisione

• un possibile contenuto delle due relazioni è il seguente:

Segue		Corsi		
Imp#	Corso#	Corso#	Argomento	Durata
7369	10	20	CAD	5
7369	20	10	Basi di dati	3
7369	30	30	Basi di dati	2
7782	10	40	Sistemi oper.	4
7782	40			

38

Il modello relazionale

19

- consideriamo la seguente interrogazione: "trovare il numero di impiegato degli impiegati che seguono tutti i corsi il cui argomento è basi di dati"
- il numero di corso dei corsi il cui argomento è basi di dati è ottenuto come segue:

 $R1 = \Pi_{Corso\#}(\sigma_{Argomento = 'Basi di dati'}(Corsi))$ 

il risultato dell'espressione R1 è il seguente insieme di numeri di corso {10,30}

39

Il modello relazionale

#### Algebra relazionale - Divisione

- il risultato della interrogazione è dato, pertanto, da tutti quegli impiegati che appaiono nella relazione Segue con ognuno dei numeri di corso determinati da R1
- il risultato della nostra interrogazione è pertanto solo l'impiegato il cui numero è 7369
- l'operazione che permette di eseguire l'interrogazione precedente è l'operazione di divisione

40

• Date due relazioni R ed S con insiemi di attributi  $U_R$  ed  $U_S$ , rispettivamente, e tali che  $U_R \supset U_S$ , l'operazione di divisione di R per S è denotata da

$$R \div S$$

ed è espressa come segue:

$$\Pi_{(UR \text{ - }US)}(R) \text{ - } \Pi_{(UR \text{ - }US)}((\Pi_{(UR \text{ - }US)}(R) \text{ } x \text{ } S) \text{ - } R)$$

 l'espressione a destra del - determina tutte le tuple di R che non sono associate ad almeno una tupla di S

41

Il modello relazionale

#### Algebra relazionale - Divisione

• l'interrogazione dell'esempio precedente è espressa come segue

Segue 
$$\div \Pi_{\text{Corso}\#}(\sigma_{\text{Argomento} = 'Basi \ di \ dati'}(\text{Corsi}))$$

R = Segue

 $S = \Pi_{Corso\#}(\sigma_{Argomento = 'Basi di dati'} (Corsi))$ 

 $S = \{10, 30\}$ 

 $U_R = \{Imp\#, Corso\#\}$ 

 $U_S = \{Corso\#\}$ 

42

1) 
$$\Pi_{\text{(UR - US)}}(R) = \Pi_{\text{Imp\#}}(R) = \frac{\text{Imp\#}}{7369}$$

43 Il modello relazionale

#### Algebra relazionale - Divisione

3) 
$$(\Pi_{(UR - US)}(R) \times S) - R = (\Pi_{Imp\#}(R) \times S) - R =$$

Imp# C	Corso#	Imp#	Corso#		Imp#	Corso#
				=		
7369	10	7369	10		7782	30
7369	30	7369	20			
7782	10	7369	30			
7782	30	7782	10			
		7782	40			

44

4) 
$$\Pi_{(UR - US)}((\Pi_{(UR - US)}(R) \times S) - R) =$$

$$\Pi_{Imp\#}((\Pi_{Imp\#}(R) \times S) - R) = Imp\#$$
7782

45

Il modello relazionale

### Algebra relazionale - Operazioni derivate

- Sia R =  $(A_1, ..., A_k)$  uno schema di relazione
- indichiamo con  $\mathfrak{R}(\mathsf{R})$  l'insieme di tutte le relazioni su tale schema

• 
$$\_ \cap \_: \Re(R) \times \Re(R) \rightarrow \Re(R)$$
  
 $r1 \cap r2 = r1 \setminus (r1 \setminus r2) = \{t \mid t \in r1, t \in r2\}$ 

 $\bullet \qquad _{-}\left|x\right|_{F-}\colon \ \Re(R1)\times\Re(R2)\rightarrow\Re(R1{\cup}R2)$ 

 $con R1 \cap R2 = \emptyset$ 

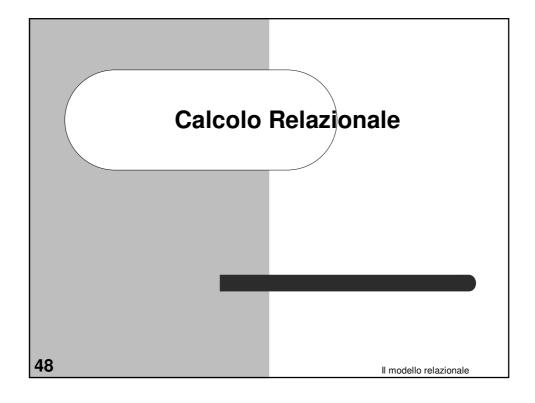
r1 
$$|x|_F r2 = \sigma_F (r1 \times r2) =$$
  
{t1·t2 | t1 \in r1, t2 \in r2, F(t1,t2)}

46

### Algebra relazionale - Operazioni derivate

- \_ ÷ \_ :  $\Re(R1) \times \Re(R2) \rightarrow \Re(R1 \setminus R2)$  con R1  $\supset$  R2 r1 ÷ r2 = {t |  $\forall t2 \in r2 \exists t1 \in r1 \text{ t.c.}$  $t1[R1 \setminus R2] = t, t1[R2] = t2$ }

47



#### Algebra vs. calcolo

- L'algebra relazionale è un linguaggio procedurale: nello specificare un'espressione algebrica, dobbiamo indicare le operazioni necessarie per calcolare il risultato della query, insieme all'ordine in cui queste operazioni devono essere svolte
- nel calcolo relazionale viene data una descrizione formale del risultato, senza specificare come ottenerlo

49

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - Varianti

- Due varianti del calcolo relazionale:
  - Tuple relational calculus (TRC)
    - le variabili rappresentano tuple
  - Domain relational calculus (DRC)
    - le variabili rappresentano valori di domini

50

#### Calcolo relazionale

- In TRC una query è un'espressione della forma {t:U|P(t)}
  - ossia è definita come l'insieme di tutte le tuple definite su un insieme di attributi U tali che il predicato P è vero per t
- notazione: t.A indica il valore della tupla t per l'attributo
   A, t∈ R indica che t è nella relazione R
- esempio: determinare tutti gli impiegati il cui stipendio è maggiore di 2000

{t: U<sub>Impiegati</sub>|t∈ Impiegati∧t.Stipendio>2000}

51

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - Esempi

- Trovare il nome degli impiegati il cui stipendio è maggiore di 2000
  - $\{t:\{Nome\}|\exists s(s\in Impiegati \land s.Stipendio>2000 \land s.Nome=t.Nome)\}$
- t è una variabile che indica tuple appartenenti ad una relazione che ha come schema {Nome}
- la notazione ∃t(Q(t)) indica che esiste una tupla t tale che Q(t) è vera

52

#### Calcolo relazionale - Esempi

Trovare i nomi e gli uffici degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000
{t:{Nome,Ufficio}|∃s(s∈ Impiegati∧
s.Stipendio>2000∧s.Nome=t.Nome∧
∃u(u ∈ Dipartimenti ∧s.Dip#=u.Dip#∧
u.Ufficio=t.Ufficio))}

53

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - Esempi

 Trovare i nomi degli impiegati che hanno uno stipendio maggiore di 2000 oppure lavorano in un dipartimento della divisione D1

 $\{t:\{Nome\}|\exists s(s\in Impiegati \land s.Nome=t.Nome \land a)\}$ 

s.Stipendio>2000  $\vee \exists u(u \in Dipartimenti \land$ 

s.Dip#=u.Dip#\u.Divisione="D1")))}

54

#### Calcolo relazionale - Sintassi

- Atomi gli atomi sono:
  - s∈R (R è un nome di relazione ed s è una variabile)
    - la tupla s appartiene alla relazione R
  - s.A $\theta$ u.A' (s ed u sono variabili,  $\theta$  è un operatore relazionale di confronto, A ed A' sono nomi di attributi)
    - il valore di A nella tupla s è in relazione θ con il valore di A' nella tupla u
  - s.A θa (s è una variabile, θ è un operatore relazionale di confronto, A è un nome di attributo, a è una costante)
    - ullet il valore di A nella tupla s è in relazione  $\theta$  con il valore a

55

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - sintassi

- Formule
  - ogni atomo è una formula, tutte le occorrenze delle variabili dell'atomo sono libere
  - se φ1 e φ2 sono formule, allora φ1∧φ2, φ1∨φ2, ¬φ1 sono formule, le occorrenze delle variabili sono libere o legate a seconda di come sono in φ1 e φ2
  - se φ è una formula allora ∃s(φ), ∀s(φ) sono formule tutte le occorrenze di s in φ sono legate al quantificatore ∃ (oppure ∀)
  - se φ è una formula allora (φ) è una formula

56

#### Calcolo relazionale - Sintassi

- Variabili libere e legate
  - data una formula F ed una variabile x, x è libera in F se e solo se x non è quantificata
    - $\forall x$  (quantificazione universale)
    - ∃x (quantificazione esistenziale)

57

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - Esempi

- ∃s(s∈ Impiegati∧s.Stipendio>2000)
   è una formula legale, tutte le occorrenze di s sono legate
- ∃s(s∈ Impiegati∧x.Stipendio>2000∧x.Dip#= y.Dip#)
  - è una formula legale, tutte le occorrenze di s sono legate mente quelle di x e y sono libere

58

#### Calcolo relazionale - Sintassi

- Espressioni del calcolo
  - Un'espressione (o query) del calcolo su tuple ha la forma

 ${x:U|f(x)}$ 

dove U è un insieme di attributi, f è una formula legale del calcolo, x è libera in f(x) ed è l'unica variabile libera in f(x)

59

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale - Esempi

• L'espressione

 ${y:{Dip\#}|\exists x(x\in Impiegati \land x.Stipendio>2000 \land x.Dip\#=y.Dip\#)}$ 

è un'espressione corretta di TRC che è soddisfatta da tutti i numeri dei dipartimenti che hanno almeno un impiegato che guadagna più di 2000

L'espressione

{y:U<sub>Impiegati</sub>|∀y(y∈Impiegati∧y.Mansione='ingegnere')} non è un'espressione corretta di TRC, in quanto y non è libera

60

### Calcolo relazionale – Esprimere l'algebra con il TRC

- Unione:  $R \cup S$   $\{t: U_R | t \in R \lor t \in S\}$
- Differenza: R-S  $\{t: U_R | t \in R \land \neg t \in S\}$
- Prodotto cartesiano:

RxS siano  $U_R = \{A_1, ..., A_n\}$  e  $U_S = \{A'_1, ..., A'_m\}$  gli insiemi degli attributi di R ed S

 $\{t: U_R \cup U_S \mid \exists x \exists y (x \in R \land y \in S \land A)\}$ 

$$x.A_1=t.A_1 \wedge ... \wedge x.A_n=t.A_n \wedge y.A'_1=t.A'_1 \wedge ... \wedge y.A'_m=t.A'_m)$$

61

Il modello relazionale

#### Calcolo relazionale – Esprimere l'algebra con il TRC

Proiezione: ΠA<sub>1</sub>,...A<sub>k</sub> (R)

 $\{t{:}\{A_{\scriptscriptstyle 1},\ldots,A_{\scriptscriptstyle k}\}|\exists x(x{\in}\,R{\wedge}x.A_{\scriptscriptstyle 1}{=}t.A_{\scriptscriptstyle 1}{\wedge}\ldots{\wedge}x.A_{\scriptscriptstyle k}{=}t.A_{\scriptscriptstyle k}\}$ 

• Selezione: σ<sub>F</sub>(R)

 $\{t{:}U_R|t\in R\; {\scriptstyle \wedge} F'\}$ 

dove F' è la formula F con ogni attributo A sostituito da t.A

62

### Calcolo relazionale – Potere espressivo

- L'algebra e il calcolo relazionale hanno lo stesso potere espressivo?
- la semantica di un'interrogazione (in algebra o in calcolo) è una funzione che trasforma una base di dati relazionale (insieme di relazioni) in una nuova base di dati relazionale
- algebra e calcolo hanno lo stesso potere espressivo se per ogni interrogazione Q1 in uno dei due formalismi esiste un'interrogazione Q2 nell'altro la cui semantica è la stessa funzione

63

Il modello relazionale

### Calcolo relazionale – Potere espressivo

- Non tutte le espression i del calcolo possono essere tradotte in equivalenti espressioni dell'algebra
- esempio: l'espressione

$$\{t:U_R | \neg t \in R\}$$

- sebbene sintatticamente corretta, se almeno uno dei domini degli attributi di R è un insieme infinito, questa espressione è soddisfatta da un numero infinito di tuple
- il risultato non sarebbe una relazione!

64

### Calcolo relazionale – Potere espressivo

- Nozione di formula indipendente dal dominio
- una formula è indipendente dal dominio se la sua valutazione genera sempre lo stesso risultato anche supponendo di estendere la base di dati con nuove relazioni o nuove tuple, contenenti valori non presenti nella base di dati di partenza
- la nozione di indipendenza dal dominio è però indecidibile
- si introduce quindi una condizione sintattica (*safety*) sufficiente a garantire l'indipendenza dal dominio

65

Il modello relazionale

## Calcolo relazionale – Potere espressivo

L'espressione

 $\{t: U_R | \neg t \in R\}$ non è safe

- il calcolo relazionale safe e l'algebra relazionale hanno lo stesso potere espressivo
- la traduzione da un formalismo all'altro può essere effettuata in tempo polinomiale nella dimensione dell'espressione

66