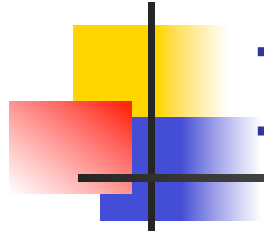
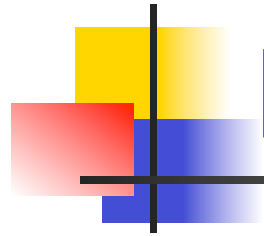


IL MODELLO RELAZIONALE



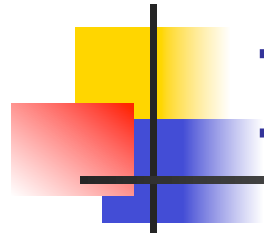
I modelli logici dei dati

- Tre modelli logici tradizionali
 - gerarchico
 - reticolare
 - relazionale
- Più recente (e poco diffuso)
 - a oggetti



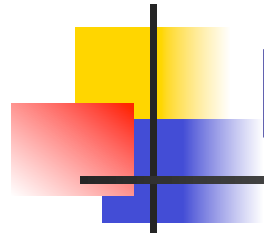
Modelli logici, caratteristiche

- Gerarchico e reticolare
 - utilizzano riferimenti espliciti (puntatori) fra record
- Relazionale "è basato su valori"
 - anche i riferimenti fra dati in strutture (relazioni) diverse sono rappresentati per mezzo dei valori stessi



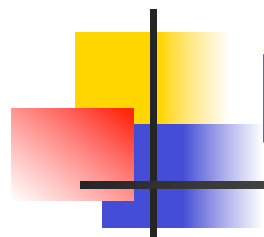
Il modello relazionale

- Proposto da E. F. Codd nel 1970 per favorire l'indipendenza dei dati
- Disponibile in DBMS reali nel 1981 (non è facile implementare l'indipendenza con efficienza e affidabilità!)
- Si basa sul concetto matematico di relazione (con una variante)
- Le relazioni hanno naturale rappresentazione per mezzo di tabelle



Relazione: tre accezioni

- **relazione matematica**: come nella teoria degli insiemi
- **relazione** (dall'inglese **relationship**) che rappresenta una classe di fatti, nel modello Entity-Relationship; tradotto anche con **associazione** o **correlazione**
- **relazione** secondo il modello relazionale dei dati



Relazione matematica

- $\mathbf{D_1, \dots, D_n}$ (n insiemi anche non distinti)
- **prodotto cartesiano** $\mathbf{D_1 \times \dots \times D_n}$:
 - l'insieme di tutte le n-uple (d_1, d_2, \dots, d_n) tali che $d_1 \in D_1, d_2 \in D_2, \dots, d_n \in D_n$
- **relazione matematica** su D_1, \dots, D_n :
 - un sottoinsieme di $D_1 \times \dots \times D_n$.
- D_1, \dots, D_n sono i **domini** della relazione



Relazione matematica, esempio

- $D_1 = \{a, b\}$
- $D_2 = \{x, y, z\}$
- prodotto cartesiano $D_1 \times D_2$

a	x
a	y
a	z
b	x
b	y
b	z

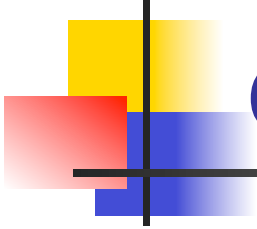
- una relazione $r \subseteq D_1 \times D_2$

a	x
a	z
b	y



Relazione matematica, proprietà

- una relazione matematica è un insieme di n -uple ordinate:
 - (d_1, \dots, d_n) tali che $d_1 \in D_1, \dots, d_n \in D_n$
- una relazione è un insieme; quindi:
 - non c'è ordinamento fra le n -uple;
 - le n -uple sono distinte
 - ciascuna n -upla è ordinata: l' i -esimo valore proviene dall' i -esimo dominio



Relazione matematica, esempio: partite di calcio

$Partite \subseteq Testo \times Testo \times Numerico \times Numerico$

Juve	Lazio	3	1
Lazio	Milan	2	0
Juve	Roma	3	2
Roma	Milan	1	1

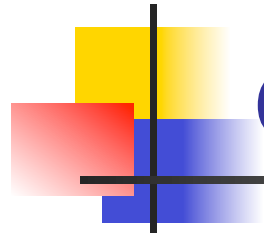
- Ciascuno dei domini ha due **ruoli** diversi, distinguibili attraverso la posizione:
 - La struttura è **posizionale**



Struttura non posizionale

- A ciascun dominio si associa un nome (**attributo o campo**), che ne descrive il "ruolo"

Casa	Fuori	RetiCasa	RetiFuori
Juve	Lazio	3	1
Lazio	Milan	2	0
Juve	Roma	3	2
Roma	Milan	1	1



Relazione matematica, esempio²: CD musicali

$CD \subseteq \textit{Testo} \times \textit{Testo} \times \textit{Data} \times \textit{Numerico}$

TITOLO	CANTANTE	ANNO	N°Brani
Honkin' On Bobo	Aerosmith	31/3/2004	12
You Gotta Go There To Come Back	Stereophonics	2/6/2003	13
The invisible band	Travis	2001	12

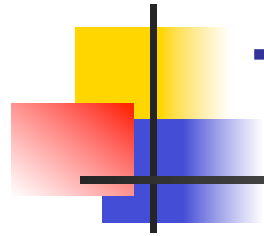
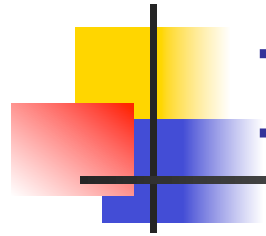


Tabelle e relazioni

- Una tabella rappresenta una relazione se
 - i valori di ogni colonna sono fra loro omogenei
 - le righe sono diverse fra loro
 - le intestazioni delle colonne sono diverse tra loro
- In una tabella che rappresenta una relazione
 - l'ordinamento tra le righe è irrilevante
 - l'ordinamento tra le colonne è irrilevante



Il modello è basato su valori

- i riferimenti fra dati in relazioni diverse sono rappresentati per mezzo di valori dei domini che compaiono nelle ennuple

studente



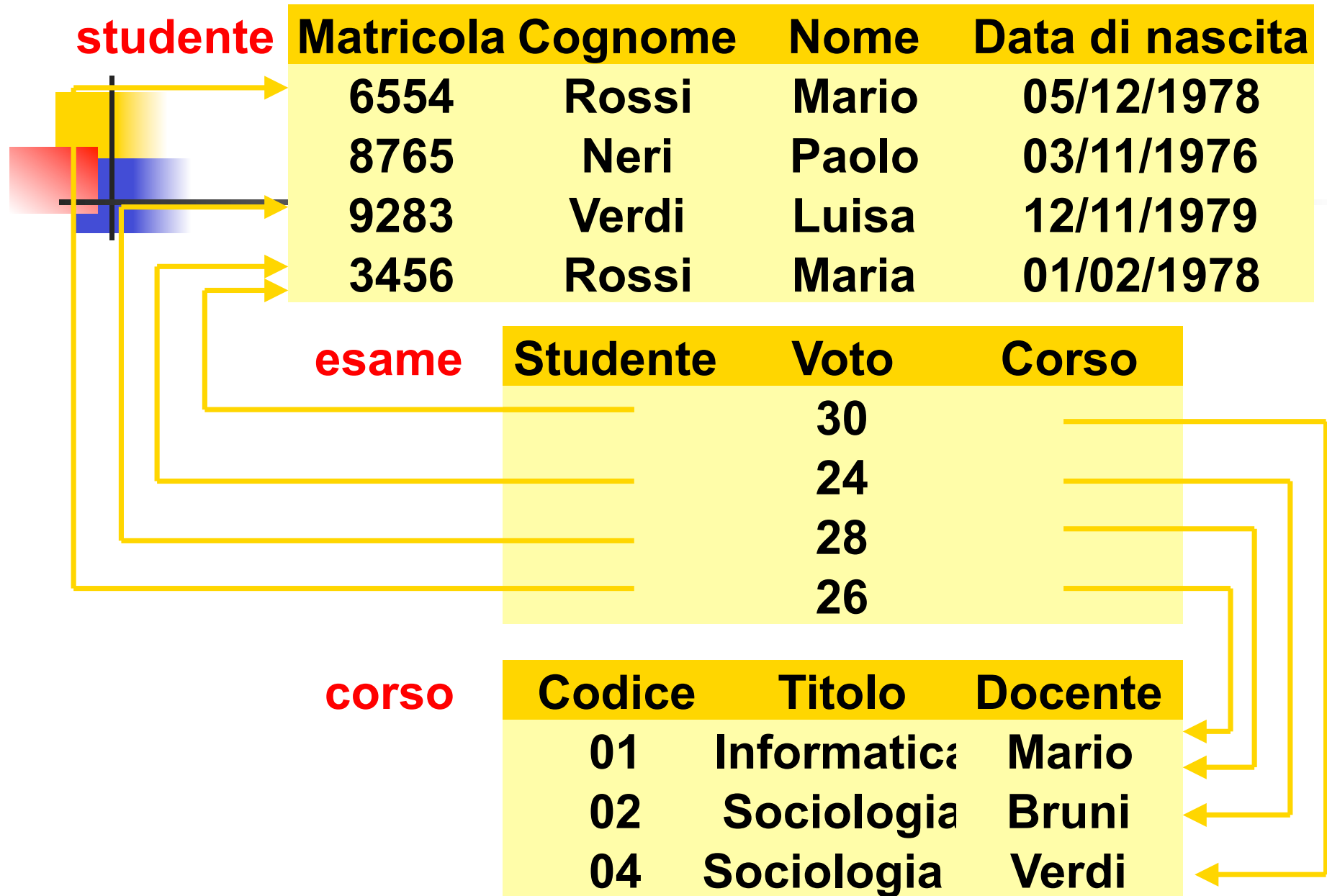
Matricola	Cognome	Nome	Data di nascita
6554	Rossi	Mario	05/12/1978
8765	Neri	Paolo	03/11/1976
9283	Verdi	Luisa	12/11/1979
3456	Rossi	Maria	01/02/1978

esame

Studente	Voto	Corso
3456	30	04
3456	24	02
9283	28	01
6554	26	01

corso

Codice	Titolo	Docente
01	Informatica	Mario
02	Sociologia	Bruni
04	Sociologia	Verdi





Vantaggi della struttura basata su valori

- indipendenza dalle strutture fisiche (si potrebbe avere anche con puntatori di alto livello) che possono cambiare dinamicamente
- si rappresenta solo ciò che è rilevante dal punto di vista dell'applicazione
- l'utente finale vede gli stessi dati dei programmatori
- i dati sono portabili piu' facilmente da un sistema ad un altro
- i puntatori sono direzionali



Definizioni

- **Schema di relazione:**

un nome **R** con un insieme di attributi:

$$\mathbf{A_1, \dots, A_n : R(A_1, \dots, A_n)}$$

- **Schema di base di dati:**

insieme di schemi di relazione:

$$\mathbf{SR = \{R_1(X_1), \dots, R_k(X_k)\},}$$

dove $X_i = A_1, \dots, A_{m_i}$



Esempio

- **Schema di relazione:**

Esame(Studente, Voto, Corso)

- **Schema di base di dati:**

insieme di schemi di relazione:

$SR = \{ \text{Esame}(\text{Studente}, \text{Voto}, \text{Corso}), \text{Corso}(\text{Codice}, \text{Titolo}, \text{Docente}), \text{Studente}(\text{Matricola}, \text{Cognome}, \text{Nome}, \text{Data_di_Nascita}) \}$



Definizioni, 2

- Una **ennupla** su un insieme di attributi $X = \{A_1, \dots, A_n\}$ è una funzione che associa a ciascun attributo A_i in X un valore del dominio di A_i
- $t[A_i]$ denota il valore della ennupla t sull'attributo A_i



Esempi, 2

- $\text{Esame}(\text{Studente}, \text{Voto}, \text{Corso})$
- $X = \{\text{Studente}, \text{Voto}, \text{Corso}\}$
- Una ennupla(t) = (3456, 30, 04):
Studente=3456, Voto=30, Corso=04
- $(3456, 30, 04)[\text{Voto}] = 30$
- $(3456, 30, 04)[\text{Corso}] = 04$



Definizioni, 3

- (Istanza di) **relazione** su uno schema R (X):
insieme r di ennuple su X
- (Istanza di) **base di dati** su uno schema $SR = \{R_1(X_1), \dots, R_n(X_n)\}$:
insieme di relazioni $r = \{r_1, \dots, r_n\}$ (con r_i relazione su R_i)



Esempi, 3

- (Istanza di) **relazione** sullo schema **Corso(Codice, Titolo, Docente)**
- **IR** = {(01, Informatica, Mario), (02, Sociologia, Bruni) ,(03, Sociologia 2, Verdi)}
- (Istanza di) **base di dati** sullo schema **SR = {Esame (Studente, Voto, Corso), Corso(Codice, Titolo, Docente), Studente(Matricola, Cognome, Nome, Data_di_Nascita)}**
- **IBD** = { (01, Informatica, Mario), ..., (6554, Rossi, Mario, 05/12/1978), ..., (01, Informatica, Mario), ...}



Relazioni su singoli attributi

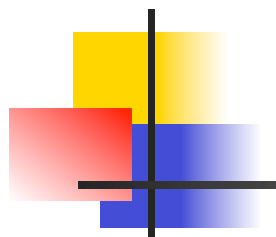
studente

Matricola	Cognome	Nome	Data di nascita
6554	Rossi	Mario	05/12/1978
8765	Neri	Paolo	03/11/1976
9283	Verdi	Luisa	12/11/1979
3456	Rossi	Maria	01/02/1978

studente lavoratore

Matricola
6554
3456

Strutture nidificate



<i>Da Filippo</i> <i>Via Roma 2, Roma</i>		
<i>Ricevuta Fiscale</i> <i>1235 del 12/10/2000</i>		
3	Coperti	3,00
2	Antipasti	6,20
3	Primi	12,00
2	Bistecche	18,00
<i>Totale</i>		<i>39,20</i>

<i>Da Filippo</i> <i>Via Roma 2, Roma</i>		
<i>Ricevuta Fiscale</i> <i>1240 del 13/10/2000</i>		
2	Coperti	2,00
2	Antipasti	7,00
2	Primi	8,00
2	Orate	20,00
2	Caffè	2,00
<i>Totale</i>		<i>39,00</i>



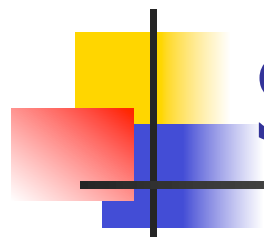
Relazioni che rappresentano strutture nidificate

Ricevuta

Numero	Data	Totale
1235	12/10/2000	39,20
1240	13/10/2000	39,00

Dettaglio

Numero	Qtà	Piatto	Prezzo
1235	3	Coperti	3,00
1235	2	Antipasti	6,20
1235	3	Primi	12,00
1235	2	Bistecche	18,00
1240	2	Coperti	2,00
...



Strutture nidificate, riflessione

- Abbiamo rappresentato veramente tutti gli aspetti delle ricevute?
- Dipende da che cosa ci interessa!
 - l'ordine delle righe e' rilevante?
 - possono esistere linee ripetute in una ricevuta?
- Sono possibili rappresentazioni diverse

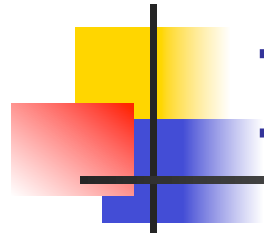
Rappresentazione alternativa per strutture nidificate

Ricevuta

Numero	Data	Totale
1235	12/10/2000	39,20
1240	13/10/2000	39,00

Dettaglio

Numero	Riga	Qtà	Descrizione	Importo
1235	1	3	Coperti	3,00
1235	2	2	Antipasti	6,20
1235	3	3	Primi	12,00
1235	4	2	Bistecche	18,00
1240	1	2	Coperti	2,00
...



Informazione incompleta

- Il modello relazionale impone ai dati una struttura rigida:
 - le informazioni sono rappresentate per mezzo di ennuple
 - solo alcuni formati di ennuple sono ammessi: quelli che corrispondono agli **schemi di relazione**
- I dati disponibili possono non corrispondere al formato previsto



Informazione incompleta: motivazioni

Nome	SecondoNome	Cognome
Franklin	Delano	Roosevelt
Winston		Churchill
Charles		De Gaulle
Josip		Stalin



Informazione incompleta: soluzioni?

- non conviene (anche se spesso si fa) usare valori del dominio (0, stringa nulla, "99", ...):
 - potrebbero non esistere valori "non utilizzati"
 - valori "non utilizzati" potrebbero diventare significativi
 - in fase di utilizzo (nei programmi) sarebbe necessario ogni volta tener conto del "significato" di questi valori



Informazione incompleta nel modello relazionale

- Si adotta una tecnica rudimentale ma efficace:
 - **valore nullo**: denota l'assenza di un valore del dominio (e non è un valore del dominio)
- $t[A]$, per ogni attributo A , è un valore del dominio $\text{dom}(A)$ oppure il valore nullo **NULL**
- Si possono (e debbono) imporre restrizioni sulla presenza di valori nulli



Troppi valori nulli

studente

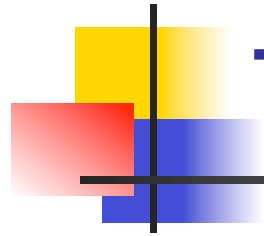
Matricola	Cognome	Nome	Data di nascita
6554	Rossi	Mario	05/12/1978
9283	Verdi	Luisa	12/11/1979
NULL	Rossi	Maria	01/02/1978

esame

Studente	Voto	Corso
NULL	30	NULL
NULL	24	02
9283	28	01

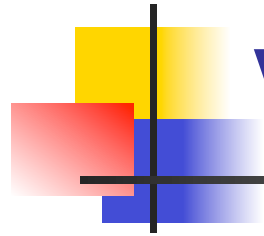
corso

Codice	Titolo	Docente
01	Analisi	Mario
02	NULL	NULL
04	Chimica	Verdi



Tipi di valore nullo

- (almeno) tre casi differenti
 - valore **sconosciuto**
 - valore **inesistente**
 - valore **senza informazione**
- I DBMS non distinguono i tipi di valore nullo



Vincoli di integrità

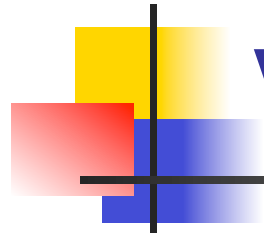
- Esistono istanze di basi di dati che, pur sintatticamente corrette, non rappresentano informazioni possibili per l'applicazione di interesse



Una base di dati "scorretta"

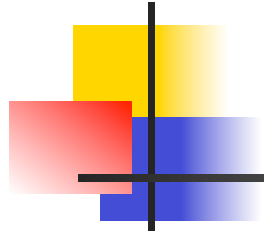
Esame	Studente	Voto	Lode	Corso
	276545	32		01
	276545	30	e lode	02
	787643	27	e lode	03
	739430	24		04

Studente	Matricola	Cognome	Nome
	276545	Rossi	Mario
	787643	Neri	Piero
	787643	Bianchi	Luca



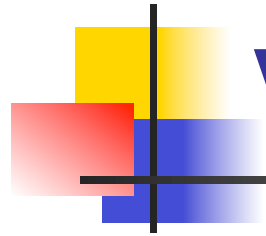
Vincolo di integrità

- Proprietà che deve essere soddisfatta dalle istanze che rappresentano informazioni corrette per l'applicazione
- Un vincolo è una funzione booleana (un **predicato**): associa ad ogni istanza il valore **vero** o **falso**



Vincoli di integrità, perché?

- descrizione più accurata della realtà
- contributo alla “qualità dei dati”
- utili nella progettazione (vedremo)
- usati dai DBMS nella esecuzione delle interrogazioni



Vincoli di integrità, perché?

- non tutte le proprietà di interesse sono rappresentabili per mezzo di vincoli formulabili in modo esplicito



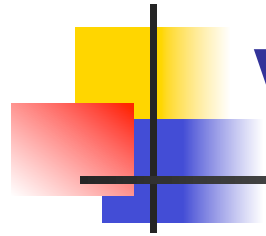
Tipi di vincoli

- vincoli intrarelazionali
 - vincoli su valori (o di dominio)
 - vincoli di ennupla
- vincoli interrelazionali



Esame	Studente	Voto	Lode	Corso
	276545	32		01
	276545	30	e lode	02
	787643	27	e lode	03
	739430	24		04

Studente	Matricola	Cognome	Nome
	276545	Rossi	Mario
	787643	Neri	Piero
	787643	Bianchi	Luca



Vincoli di ennupla

- Esprimono condizioni sui valori di ciascuna ennupla, indipendentemente dalle altre ennuple
- Caso particolare:
 - **Vincoli di dominio**: coinvolgono un solo attributo



Sintassi ed esempi

- Una possibile sintassi:
 - espressione booleana di atomi che confrontano valori di attributo o espressioni aritmetiche su di essi

$(\text{Voto} \geq 18) \text{ AND } (\text{Voto} \leq 30)$

$(\text{Voto} = 30) \text{ OR NOT } (\text{Lode} = \text{"e lode"})$



Vincoli di ennupla, esempio

Stipendio	Impiegato	Lordo	Ritenute	Netto
	Rossi	55.000	12.500	42.500
	Neri	45.000	10.000	35.000
	Bruni	47.000	11.000	36.000

$$\text{Lordo} = (\text{Ritenute} + \text{Netto})$$



Identificazione delle ennuple

Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
27655	Rossi	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	3/11/76
67653	Rossi	Piero	DES	5/12/78

- non ci sono due ennuple con lo stesso valore sull'attributo Matricola
- non ci sono due ennuple uguali su tutti e tre gli attributi Cognome, Nome e Data di Nascita



Chiave

- insieme di attributi che identificano le ennuple di una relazione r

Formalmente:

- un insieme K di attributi è **superchiave** per r se r non contiene due ennuple distinte t_1 e t_2 con $t_1[K] = t_2[K]$
- K è **chiave** per r se è una superchiave minimale per r
(cioè non contiene un'altra superchiave)



Una chiave

Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
27655	Rossi	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	3/11/76
67653	Rossi	Piero	DES	5/12/78

- Matricola è una chiave:
 - è superchiave
 - contiene un solo attributo e quindi è minimale



Un'altra chiave

Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
27655	Rossi	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	3/11/76
67653	Rossi	Piero	DES	5/12/78

- Cognome, Nome, Nascita è un'altra chiave:
 - è superchiave
 - minimale



Un'altra chiave??

Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
27655	Rossi	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	3/11/76
67653	Rossi	Piero	DES	5/12/78

- Non ci sono ennuple uguali su Cognome e Corso:
 - Cognome e Corso formano una chiave
- Ma è sempre vero?



Vincoli, schemi e istanze

- i vincoli corrispondono a proprietà del mondo reale modellato dalla base di dati
- interessano a livello di schema (con riferimento cioè a tutte le istanze)
- ad uno schema associamo un insieme di vincoli e consideriamo **corrette** (valide, ammissibili) le istanze che soddisfano tutti i vincoli
- un'istanza potrebbe soddisfare altri vincoli ("per caso")



Relazione Studente

Matricola Cognome Nome Corso Nascita

Quali sono le Chiavi ?:

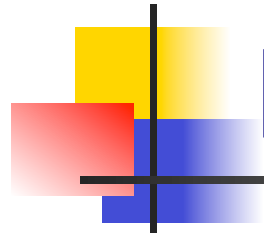
- Matricola
- Cognome, Nome, Nascita



Relazione Studente

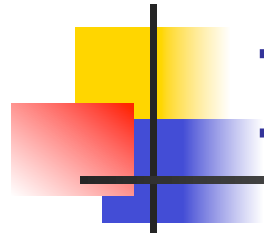
Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
27655	Rossi	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	3/11/76
67653	Rossi	Piero	DES	5/12/78

- È corretta: soddisfa i vincoli
- Ne soddisfa anche altri ("per caso"):
 - **Cognome, Corso** è chiave



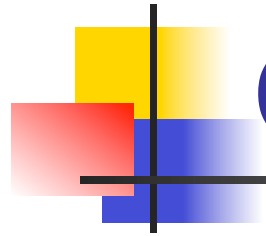
Esistenza delle chiavi

- Una relazione non può contenere ennuple uguali ma distinte
- Ogni relazione ha come superchiave l'insieme degli attributi su cui è definita
- e quindi ha (almeno) una chiave



Importanza delle chiavi

- l'esistenza delle chiavi garantisce l'accessibilità a ciascun dato della base di dati
- le chiavi permettono di correlare i dati in relazioni diverse:
 - il modello relazionale è basato su valori



Chiavi e valori nulli

- In presenza di valori nulli, i valori della chiave non permettono
 - di identificare le ennuple
 - di realizzare facilmente i riferimenti da altre relazioni



Valori Nulli nelle chiavi

Matricola	Cognome	Nome	Corso	Nascita
NULL	NULL	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	NULL
NULL	Neri	Mario	DES	5/12/78

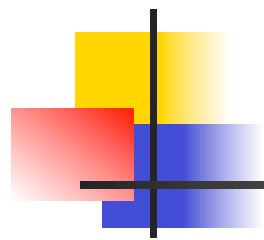
- La presenza di valori nulli nelle chiavi deve essere limitata



Chiave primaria

- Chiave su cui non sono ammessi nulli
- Notazione: sottolineatura

<u>Matricola</u>	Cognome	Nome	Corso	Nascita
86765	NULL	Mario	DES	5/12/78
78763	Rossi	Mario	ECO	3/11/76
65432	Neri	Piero	DES	10/7/79
87654	Neri	Mario	STA	NULL
43289	Neri	Mario	NULL	5/12/78



Integrità referenziale

- informazioni in relazioni diverse sono correlate attraverso valori comuni
- in particolare, valori delle chiavi (primarie)
- le correlazioni debbono essere "coerenti"

Infrazioni

<u>Codice</u>	Data	Vigile	Prov	Numero
34321	1/2/95	3987	MI	39548K
53524	4/3/95	3295	TO	E39548
64521	5/4/96	3295	PR	839548
73321	5/2/98	9345	PR	839548

Vigili

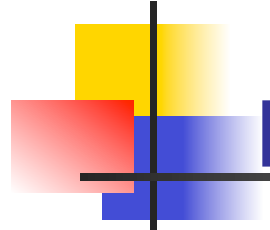
<u>Matricola</u>	Cognome	Nome
3987	Rossi	Luca
3295	Neri	Piero
9345	Neri	Mario
7543	Mori	Gino

Infrazioni

<u>Codice</u>	Data	Vigile	Prov	Numero
34321	1/2/95	3987	MI	39548K
53524	4/3/95	3295	TO	E39548
64521	5/4/96	3295	PR	839548
73321	5/2/98	9345	PR	839548

Auto

<u>Prov</u>	<u>Numero</u>	Cognome	Nome
MI	39548K	Rossi	Mario
TO	E39548	Rossi	Mario
PR	839548	Neri	Luca



Vincolo di integrità referenziale

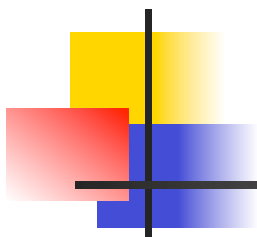
- Un vincolo di **integrità referenziale** (“**foreign key**”) fra gli attributi X di una relazione R_1 e un'altra relazione R_2 impone ai valori su X in R_1 di comparire come valori della chiave primaria di R_2



Esempio

- vincoli di integrità referenziale fra:
 - l'attributo Vigile della relazione INFRAZIONI e la relazione VIGILI
 - gli attributi Prov e Numero di INFRAZIONI e la relazione AUTO

Violazione di vincolo di integrità referenziale



Infrazioni

<u>Codice</u>	Data	Vigile	Prov	Numero
34321	1/2/95	3987	MI	39548K
53524	4/3/95	3295	TO	E39548
64521	5/4/96	3295	PR	839548
73321	5/2/98	9345	PR	839548

Auto

<u>Prov</u>	<u>Numero</u>	Cognome	Nome
MI	E39548	Rossi	Mario
TO	F34268	Rossi	Mario
PR	839548	Neri	Luca



Vincoli di integrità referenziale: commenti

- Giocano un ruolo fondamentale nel concetto di “modello basato su valori.”
- **In presenza di valori nulli i vincoli possono essere resi meno restrittivi** →
- **Sono possibili meccanismi per il supporto alla loro gestione ("azioni" compensative a seguito di violazioni)** →
- **Attenzione ai vincoli su più attributi** →

Integrità referenziale e valori nulli

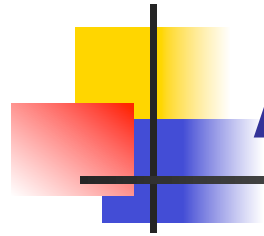
Impiegati

<u>Matricola</u>	Cognome	Progetto
34321	Rossi	IDEA
53524	Neri	XYZ
64521	Verdi	NULL
73032	Bianchi	IDEA

Progetti

<u>Codice</u>	Inizio	Durata	Costo
IDEA	01/2000	36	200
XYZ	07/2001	24	120
BOH	09/2001	24	150

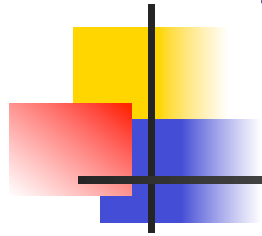




Azioni compensative

- Esempio:
 - Viene eliminata una ennupla causando così una violazione
- Azioni
 - Rifiuto dell'operazione
 - Eliminazione in cascata
 - Introduzione di valori nulli

Eliminazione in cascata



Impiegati

<u>Matricola</u>	Cognome	Progetto
34321	Rossi	IDEA
53524	Neri	XYZ
64521	Verdi	NULL
73032	Bianchi	IDEA

Progetti

<u>Codice</u>	Inizio	Durata	Costo
IDEA	01/2000	36	200
XYZ	07/2001	24	120
BOH	09/2001	24	150

Introduzione di valori nulli

Impiegati

<u>Matricola</u>	Cognome	Progetto
34321	Rossi	IDEA
53524	Neri	NULL
64521	Verdi	NULL
73032	Bianchi	IDEA

Progetti

<u>Codice</u>	Inizio	Durata	Costo
IDEA	01/2000	36	200
XYZ	07/2001	24	120
BOH	09/2001	24	150





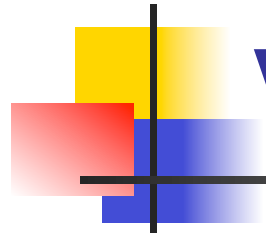
Vincoli multipli su più attributi

Incidenti

<u>Codice</u>	Data	ProvA	NumeroA	ProvB	NumeroB
34321	1/2/95	TO	E39548	MI	39548K
64521	5/4/96	PR	839548	TO	E39548

Auto

<u>Prov</u>	<u>Numero</u>	Cognome	Nome
MI	39548K	Rossi	Mario
TO	E39548	Rossi	Mario
PR	839548	Neri	Luca



Vincoli multipli su più attributi

- vincoli di integrità referenziale fra:
 - gli attributi ProvA e NumeroA di INCIDENTI e la relazione AUTO
 - gli attributi ProvB e NumeroB di INCIDENTI e la relazione AUTO
- L'ordine degli attributi è significativo