

Basi di dati

Giuseppe De Giacomo

**Dipartimento di Informatica e Sistemistica "Antonio Ruberti"
SAPIENZA Università di Roma**

Anno Accademico 2007/08
Canale M-Z

<http://www.dis.uniroma1.it/~degiacomo/didattica/basidati/>

3. Il Linguaggio SQL

3.1 Definizione dei dati

1. **definizione dei dati**
2. interrogazioni
3. manipolazione dei dati
4. ulteriori aspetti

SQL

- originariamente "Structured Query Language", ora "nome proprio"
- è un linguaggio con varie funzionalità:
 - contiene sia il DDL sia il DML
- ne esistono varie versioni
- analizziamo gli aspetti essenziali non i dettagli
- "storia":
 - prima proposta **SEQUEL** (IBM Research, 1974);
 - prime implementazioni in SQL/DS (IBM) e Oracle (1981);
 - dal 1983 ca., "standard di fatto"
 - standard (1986, poi 1989, poi **1992**, 1999, e infine 2003):
recepito solo in parte

SQL-92

- è un linguaggio ricco e complesso
- ancora nessun sistema mette a disposizione tutte le funzionalità del linguaggio
- 3 livelli di aderenza allo standard:
 - **Entry SQL**: abbastanza simile a SQL-89
 - **Intermediate SQL**: caratteristiche più importanti per le esigenze del mercato; supportato dai DBMS commerciali
 - **Full SQL**: funzioni avanzate, in via di inclusione nei sistemi
- i sistemi offrono funzionalità non standard
 - incompatibilità tra sistemi
 - incompatibilità con i nuovi standard (es. trigger in SQL:1999)
- Nuovi standard conservano le caratteristiche di base di SQL-92:
 - **SQL:1999** aggiunge alcune funzionalità orientate agli oggetti
 - **SQL:2003** aggiunge supporto per dati XML

Utilizzo di un DBMS basato su SQL

- Un DBMS basato su SQL consente di gestire basi di dati relazionali. Dal punto di vista sistemistico è un server.
- Quando ci si connette ad un DBMS basato su SQL, si deve indicare, implicitamente o esplicitamente, su quale basi di dati si vuole operare
- Se si vuole operare su una base di dati non ancora esistente, si utilizzerà un meccanismo messo a disposizione dal server per la sua creazione.
- Coerentemente con la filosofia del modello relazionale, una base di dati in SQL è caratterizzata dallo schema (livello intensionale) e da una istanza (quella corrente -- livello estensionale)
- In più, una base di dati SQL è caratterizzata da un insieme di meta-dati (il catalogo – vedi dopo).

Definizione dei dati in SQL

- L'istruzione più importante del DDL di SQL è
create table
 - definisce uno schema di relazione (specificando attributi e vincoli)
 - crea un'istanza vuota dello schema
- Sintassi:
create table *NomeTabella* (
 NomeAttributo Dominio [*Vincoli*]

 NomeAttributo Dominio [*Vincoli*]
 [*AltriVincoli*]
)

create table, esempio

```
create table Impiegato (  
  Matricola      character(6) primary key,  
  Nome           character(20) not null,  
  Cognome        character(20) not null,  
  Dipart         character(15),  
  Stipendio      numeric(9) default 0,  
  Citta          character(15),  
  foreign key(Dipart) references  
                Dipartimento (NomeDip),  
  unique (Cognome, Nome)  
)
```

SQL e modello relazionale

- **Attenzione:** una tabella in SQL è definita come un multiinsieme di ennuple.
- In particolare, se una tabella non ha una primary key o un insieme di attributi definiti come unique, allora potranno comparire due ennuple uguali nella tabella. Ne segue che una tabella SQL **non** è in generale una relazione.
- Se invece una tabella ha una primary key o un insieme di attributi definiti come unique, allora non potranno mai comparire nella tabella due ennuple uguali. Per questo, è consigliabile definire almeno una primary key per ogni tabella.

Domini

- **Domini predefiniti**
 - **Carattere:** singoli caratteri o stringhe, anche di lunghezza variabile
 - `char(n)` o `character(n)` – stringhe di lunghezza fissa
 - `varchar(n)` (o `char varying(n)`) – stringhe di lunghezza variabile
 - `nchar(n)` e `nvarchar(n)` (o `nchar varying(n)`) - come sopra ma UNICODE (“n” sta per “national”)
 - **Numerici:** esatti e approssimati
 - `int` o `integer`, `smallint` - interi
 - `numeric`, (o `numeric(p)`, `numeric(p,s)`) - valori numerici esatti nonnegativi
 - `decimal`, (o `decimal(p)`, `decimal(p,s)`) - valori numerici esatti anche negativi
 - `float`, `float(p)`, `real`, `double precision` - reali
 - **Data, ora, intervalli di tempo**
 - `Date`, `time`, `timestamp`
 - `time with timezone`, `timestamp with timezone`
 - **Bit:** singoli bit o stringhe di bit
 - `bit(n)`
 - `bit varying(n)`
 - **Introdotti in SQL:1999**
 - `boolean`
 - `BLOB`, `CLOB`, `NCLOB` (binary/character large object): per grandi immagini e testi

Domini definiti dall'utente

- L'istruzione

```
create domain
```

 definisce un dominio (semplice) con vincoli e valori di default, utilizzabile in definizioni di relazioni.
- Sintassi

```
create domain NomeDominio  
as DominioPreesistente [ Default ] [ Vincoli ]
```
- **Esempio:**

```
create domain Voto  
as smallint default null  
check ( value >=18 and value <= 30 )
```
- **Compatibilità:** il nuovo dominio ed il dominio di partenza (quello che compare dopo la “as”) sono compatibili, ed inoltre i valori del nuovo dominio devono rispettare i vincoli indicati nella definizione.

Vincoli intrarelazionali

- **not null** (su singoli attributi)
- **unique**: permette di definire attributi che identificano la tupla:
 - singolo attributo:
`unique` dopo la specifica del dominio
 - più attributi:
`unique (Attributo, ..., Attributo)`
- **primary key**: definizione della chiave primaria (una sola, implica `not null`); sintassi come per `unique`
- **check**, per vincoli complessi (più avanti)

Vincoli intrarelazionali, esempi

```
create table Impiegato (  
  Matricola      character(6) primary key,  
  Nome          character(20) not null,  
  Cognome       character(20) not null,  
  Dipart        character(15),  
  Stipendio     numeric(9) default 0,  
  Citta         character(15),  
  foreign key(Dipart) references  
                Dipartimento (NomeDip) ,  
  unique (Cognome, Nome)  
)
```

primary key, alternative

```
create table Impiegato (  
  Matricola character(6) primary key,  
  ...  
)
```

oppure

```
create table Impiegato (  
  Matricola character(6),  
  ...  
  primary key (Matricola)  
)
```

Chiavi su più attributi, attenzione

```
create table Impiegato ( ...  
  Nome      character(20) not null,  
  Cognome   character(20) not null,  
  unique (Cognome, Nome)  
)
```

è **diverso** da:

```
create table Impiegato ( ...  
  Nome      character(20) not null unique,  
  Cognome   character(20) not null unique  
)
```

Vincoli interrelazionali

- **check**, per vincoli complessi
- **references** e **foreign key** permettono di definire vincoli di integrità referenziale.

Sintassi:

– per singoli attributi:

references dopo la specifica del dominio

– riferimenti su più attributi:

foreign key (Attributo, ..., Attributo) references ...

Gli attributi referenziati nella tabella di arrivo devono formare una chiave (**primary key** o **unique**). Se mancano, il riferimento si intende alla chiave primaria.

Semantica: ogni combinazione (senza NULL) di valori per gli attributi nella tabella di partenza deve comparire nella tabella di arrivo.

- È possibile associare politiche di reazione alla violazione dei vincoli (causate da modifiche sulla tabella esterna, cioè quella cui si fa riferimento).

Vincoli interrelazionali, esempio

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

Vincoli interrelazionali, esempio (cont.)

Infrazioni

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

Vincoli interrelazionali, esempio

```
create table Infrazioni (  
  Codice          character(6) primary key,  
  Data            date not null,  
  Vigile          integer not null  
                  references Vigili(Matricola) ,  
  Provincia       character(2) ,  
  Numero          character(6) ,  
  foreign key(Provincia, Numero)  
                  references Auto(Provincia,Numero)  
)
```

Modifiche degli schemi: alter table

alter table: permette di modificare una tabella

Esempio:

```
create table Infrazioni (  
  Codice          character(6) primary key,  
  Data            date not null,  
  Vigile          integer not null  
                references Vigili(Matricola),  
  Provincia       character(2),  
  Numero          character(6),  
)  
  
alter table Infrazioni  
  add constraint MioVincolo foreign key(Provincia, Numero)  
    references Auto(Provincia,Numero)
```

Modifiche degli schemi: drop table

drop table: elimina una tabella

Sintassi:

```
drop table NomeTavola restrict | cascade
```

Esempio:

```
drop table Infrazioni restrict o semplicemente  
drop table Infrazioni  
  – elimina la tavola solo se non ci sono riferimenti ad essa  
drop table Infrazioni cascade – elimina la tavola e tutte le  
  tavole (o più in generale tutti gli oggetti del DB) che si riferiscono  
  ad essa
```

Definizione di indici

Definizione di indici:

- è rilevante dal punto di vista delle prestazioni
- ma è a livello fisico e non logico
- in passato era importante perché in alcuni sistemi era l'unico mezzo per definire chiavi
- istruzione **create index**
- Sintassi (semplificata):

```
create [unique] index NomeIndice on  
NomeTavola (col_1, col_2, ..., col_n)
```

- **Esempio:**

```
create index IndiceIP on  
Infrazioni (Provincia)
```

Catalogo o dizionario dei dati

Ogni sistema relazionale mette a disposizione delle tabelle già definite che raccolgono tutti i dati relativi a:

- **tabelle**
- **attributi**
- ...

Ad esempio, la tabella **Columns** contiene i campi:

- **Column_Name**
- **Table_name**
- **Ordinal_Position**
- **Column_Default**
- ...

3. Il Linguaggio SQL

3.2 Interrogazioni

1. definizione dei dati
2. **interrogazioni**
3. manipolazione dei dati
4. ulteriori aspetti

Istruzione `select` (versione base)

- L'istruzione di interrogazione in SQL è

`select`

che definisce una interrogazione, e **restituisce il risultato in forma di tabella**

```
select Attributo ... Attributo  
from Tabella ... Tabella  
[where Condizione]
```

- le tre parti vengono di solito chiamate
 - **target list**
 - **clausola from**
 - **clausola where**

maternita

madre	figlio
Luisa	Maria
Luisa	Luigi
Anna	Olga
Anna	Filippo
Maria	Andrea
Maria	Aldo

persone

nome	eta	reddito
Andrea	27	21
Aldo	25	15
Maria	55	42
Anna	50	35
Filippo	26	30
Luigi	50	40
Franco	60	20
Olga	30	41
Sergio	85	35
Luisa	75	87

paternita

padre	figlio
Sergio	Franco
Luigi	Olga
Luigi	Filippo
Franco	Andrea
Franco	Aldo

Selezione e proiezione

Nome e reddito delle persone con meno di 30 anni.

$PROJ_{\text{nome, reddito}}(SEL_{\text{Eta} < 30}(\text{persone}))$

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
```

nome	reddito
Andrea	21
Aldo	15

Convenzioni sui nomi

- Per evitare ambiguità, ogni nome di attributo è composto da *NomeRelazione.NomeAttributo*
- Quando l'ambiguità non sussiste, si può omettere la parte *NomeRelazione.*

```
select persone.nome, persone.reddito
from persone
where persone.eta < 30
```

si può scrivere come:

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
```

SELECT, abbreviazioni

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
```

è un'abbreviazione per:

```
select persone.nome, persone.reddito
from persone
where persone.eta < 30
```

e anche per:

```
select p.nome as nome, p.reddito as
reddito
from persone p
where p.eta < 30
```

Proiezione, attenzione

Cognome e filiale di tutti gli impiegati.

impiegati

matricola	cognome	filiale	stipendio
7309	Neri	Napoli	55
5998	Neri	Milano	64
9553	Rossi	Roma	44
5698	Rossi	Roma	64

PROJ Cognome, Filiale (impiegati)

Proiezione, attenzione

```
select cognome,  
       filiale  
from impiegati
```

cognome	filiale
Neri	Napoli
Neri	Milano
Rossi	Roma
Rossi	Roma

```
select distinct  
cognome,  
       filiale  
from impiegati
```

cognome	filiale
Neri	Napoli
Neri	Milano
Rossi	Roma

SELECT, uso di “as”

“as” nella lista degli attributi serve a specificare esplicitamente un nome per un attributo del risultato. Quando per un attributo manca “as”, il nome è uguale a quello che compare nella lista.

Esempio:

```
select nome as nomePersone, reddito as salario
from persone
where eta < 30
```

restituisce come risultato una relazione con due attributi, il primo di nome **nomePersone** ed il secondo di nome **salario**

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
```

restituisce come risultato una relazione con due attributi, il primo di nome **nome** ed il secondo di nome **reddito**

Esercizio 1

Calcolare la tabella ottenuta dalla tabella **persone** selezionando solo le persone con reddito tra 20 e 30 aggiungendo un attributo che ha, in ogni ennupla, lo stesso valore dell'attributo **reddito**.

Mostrare il risultato dell'interrogazione.

persone

nome	eta	reddito
-------------	------------	----------------

Soluzione esercizio 1

```
select nome, eta, reddito,  
       reddito as ancoraReddito  
from   persone  
where  reddito >= 20 and reddito <= 30
```

nome	eta	reddito	ancoraReddito
Andrea	27	21	21
Filippo	26	30	30
Franco	60	20	20

Selezione, senza proiezione

Nome, età e reddito delle persone con meno di 30 anni.

SEL_{Eta<30}(Persone)

```
select *  
from   persone  
where  eta < 30
```

è un'abbreviazione per:

```
select nome, eta, reddito  
from   persone  
where  eta < 30
```



tutti gli
attributi

SELECT con asterisco

Data una relazione R sugli attributi A, B, C

```
select *  
from R  
where cond
```

equivale a

```
select A, B, C  
from R  
where cond
```

Proiezione, senza selezione

Nome e reddito di tutte le persone.

PROJ_{Nome, Reddito}(**Persone**)

```
select nome, reddito  
from persone
```

è un'abbreviazione per:

```
select p.nome, p.reddito  
from persone p  
where true
```

Espressioni nella target list

```
select reddito/2 as redditoSemestrale
from persone
where nome = 'Luigi'
```

Condizione complessa nella clausola “where”

```
select *
from persone
where reddito > 25
      and (eta < 30 or eta > 60)
```

Condizione “LIKE”

Le persone che hanno un nome che inizia per 'A' e ha una 'd' come terza lettera.

```
select *
from persone
where nome like 'A_d%'
```

Caratteri jolly:

- “ ” sta per *un carattere qualsiasi*
- “%” sta per *0 o più caratteri qualsiasi*

Nota: gli spazi bianchi sono significativi (a differenza di quando usiamo “=” sulle stringhe.

Gestione dei valori nulli

Gli impiegati la cui età è o potrebbe essere maggiore di 40.

SEL `Eta > 40 OR Eta IS NULL` (**Impiegati**)

```
select *  
from impiegati  
where eta > 40 or eta is null
```

Esercizio 2

Calcolare la tabella ottenuta dalla tabella **impiegati** selezionando solo quelli delle filiali di Roma e Milano, proiettando i dati sull'attributo **stipendio**, ed aggiungendo un attributo che ha, in ogni enupla, il valore doppio dell'attributo **stipendio**.

Mostrare il risultato dell'interrogazione.

impiegati

matricola	cognome	filiale	stipendio
-----------	---------	---------	-----------

Soluzione esercizio 2

```
select stipendio,  
       stipendio*2 as stipendiobis  
from   impiegati  
where  filiale = 'Milano' or  
       filiale = 'Roma'
```

stipendio	stipendiobis
64	128
44	88
64	128

Selezione, proiezione e join

- Istruzioni **select** con una sola relazione nella clausola **from** permettono di realizzare:
 - selezioni,
 - proiezioni,
 - ridenominazioni
- I **join** (e i prodotti cartesiani) si realizzano indicando due o più relazioni nella clausola **from**.

SQL e algebra relazionale

Date le relazioni: $R1(A1,A2)$ e $R2(A3,A4)$

la semantica della query

```
select R1.A1, R2.A4
from   R1, R2
where  R1.A2 = R2.A3
```

si può descrivere in termini di

- prodotto cartesiano (**from**)
- selezione (**where**)
- proiezione (**select**)

Attenzione: questo non significa che il sistema calcola davvero il prodotto cartesiano!

SQL e algebra relazionale, 2

Date le relazioni: $R1(A1,A2)$ e $R2(A3,A4)$

```
select R1.A1, R2.A4
from   R1, R2
where  R1.A2 = R2.A3
```

corrisponde a:

PROJ_{A1,A4} (**SEL**_{A2=A3} (R1 JOIN R2))

SQL e algebra relazionale, 3

Possono essere necessarie ridenominazioni

- nella target list (come nell'algebra relazionale)
- nel prodotto cartesiano (in particolare quando occorre riferirsi due volte alla stessa tabella)

```
select X.A1 as B1, ...  
from   R1 X, R2 Y, R1 Z  
where  X.A2 = Y.A3 and ...
```

che si scrive anche

```
select X.A1 as B1, ...  
from   R1 as X, R2 as Y, R1 as Z  
where  X.A2 = Y.A3 and ...
```

SQL e algebra relazionale: esempio

```
select X.A1 as B1, Y.A4 as B2  
from   R1 X, R2 Y, R1 Z  
where  X.A2 = Y.A3 and Y.A4 = Z.A1
```

```
RENB1,B2←A1,A4 (  
  PROJA1,A4 (SELA2 = A3 and A4 = C1 (  
    R1 JOIN R2 JOIN RENC1,C2 ← A1,A2 (R1))))
```

SQL: esecuzione delle interrogazioni

- Le espressioni SQL sono dichiarative e noi ne stiamo vedendo la semantica.
- In pratica, i DBMS eseguono le operazioni in modo efficiente, ad esempio:
 - eseguono le selezioni al più presto
 - se possibile, eseguono join e **non** prodotti cartesiani
- La capacità dei DBMS di "**ottimizzare**" le interrogazioni, rende (di solito) non necessario preoccuparsi dell'efficienza quando si specifica un'interrogazione
- È perciò più importante preoccuparsi della chiarezza (anche perché così è più difficile sbagliare ...)

maternita

madre	figlio
Luisa	Maria
Luisa	Luigi
Anna	Olga
Anna	Filippo
Maria	Andrea
Maria	Aldo

paternita

padre	figlio
Sergio	Franco
Luigi	Olga
Luigi	Filippo
Franco	Andrea
Franco	Aldo

persone

nome	età	reddito
Andrea	27	21
Aldo	25	15
Maria	55	42
Anna	50	35
Filippo	26	30
Luigi	50	40
Franco	60	20
Olga	30	41
Sergio	85	35
Luisa	75	87

Esercizio 3: selezione, proiezione e join

I padri di persone che guadagnano più di venti milioni.

Esprimere la query sia in algebra relazionale sia in SQL.

Esercizio 3: soluzione

I padri di persone che guadagnano più di venti milioni.

$\text{PROJ}_{\text{padre}}(\text{paternita JOIN}_{\text{figlio=nome}} \text{SEL}_{\text{reddito}>20}(\text{persone}))$

```
select distinct paternita.padre
from   persone, paternita
where  paternita.figlio = persone.nome
       and persone.reddito > 20
```

Esercizio 4: join

Padre e madre di ogni persona.

Esprimere la query sia in algebra relazionale sia in SQL.

Esercizio 4: soluzione

Padre e madre di ogni persona.

In algebra relazionale si calcola mediante il **join naturale**.

paternita JOIN maternita

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita, paternita
where  paternita.figlio = maternita.figlio
```

Esercizio 5: join e altre operazioni

Le persone che guadagnano più dei rispettivi padri, mostrando nome, reddito e reddito del padre.

Esprimere la query sia in algebra relazionale sia in SQL.

Esercizio 5: soluzione

Le persone che guadagnano più dei rispettivi padri; mostrare nome, reddito e reddito del padre.

$$\text{PROJ}_{\text{Nome, Reddito, RP}} (\text{SEL}_{\text{Reddito} > \text{RP}} (\text{REN}_{\text{NP, EP, RP}} \leftarrow \text{Nome, Eta, Reddito} (\text{persone}) \text{ JOIN}_{\text{NP=Padre}} (\text{paternita JOIN}_{\text{Figlio = Nome}} \text{ persone})))$$

```
select f.nome, f.reddito, p.reddito
from     persone p, paternita t, persone f
where    p.nome = t.padre and
         t.figlio = f.nome and
         f.reddito > p.reddito
```

SELECT, con ridenominazione del risultato

Le persone che guadagnano più dei rispettivi padri; mostrare nome, reddito e reddito del padre.

```
select figlio, f.reddito as reddito,  
       p.reddito as redditoPadre  
from   persone p, paternita t, persone f  
where  p.nome = t.padre and  
       t.figlio = f.nome and  
       f.reddito > p.reddito
```

Join esplicito

Padre e madre di ogni persona.

```
select paternita.figlio, padre, madre  
from   maternita, paternita  
where  paternita.figlio = maternita.figlio
```

```
select madre, paternita.figlio, padre  
from       maternita join paternita on  
          paternita.figlio = maternita.figlio
```

SELECT con join esplicito, sintassi

```
select ...  
from Tabella { join Tabella on CondDiJoin },  
...  
[ where AltraCondizione ]
```

Esercizio 6: join esplicito

Le persone che guadagnano più dei rispettivi padri, mostrando nome, reddito e reddito del padre.

Esprimere la query in SQL usando il join esplicito.

SELECT con join esplicito, esempio

Le persone che guadagnano più dei rispettivi padri, mostrando nome, reddito e reddito del padre.

```
select f.nome, f.reddito, p.reddito
from   persone p, paternita t, persone f
where  p.nome = t.padre and
       t.figlio = f.nome and
       f.reddito > p.reddito
```

```
select f.nome, f.reddito, p.reddito
from   persone p join paternita t on
       p.nome = t.padre
       join persone f on t.figlio = f.nome
where  f.reddito > p.reddito
```

Ulteriore estensione: join naturale (meno diffuso)

$\text{PROJ}_{\text{Figlio, Padre, Madre}}(\text{paternita JOIN}_{\text{Figlio = Nome}} \text{REN}_{\text{Nome=Figlio}}(\text{maternita}))$

In algebra: paternita JOIN maternita

In SQL:

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita join paternita on
       paternita.figlio = maternita.figlio
```

In SQL:

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita natural join paternita
```

Join esterno: "outer join"

Padre e, se nota, madre di ogni persona.

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   paternita left outer join maternita
       on paternita.figlio = maternita.figlio
```

NOTA: "outer" è opzionale

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   paternita left join maternita
       on paternita.figlio = maternita.figlio
```

Outer join, esempi

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita join paternita
       on maternita.figlio = paternita.figlio
```

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita left outer join paternita
       on maternita.figlio = paternita.figlio
```

```
select paternita.figlio, padre, madre
from   maternita right outer join paternita
       on maternita.figlio = paternita.figlio
```

```
select nome, padre, madre
from   persone full outer join maternita on
       maternita.figlio = persone.nome
       full outer join paternita
       on paternita.figlio = persone.nome
```

Ordinamento del risultato: order by

Nome e reddito delle persone con meno di trenta anni in ordine alfabetico.

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
order by nome
```



ordine
ascendente

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
order by nome desc
```



ordine
discendente

Ordinamento del risultato: order by

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
```

```
select nome, reddito
from persone
where eta < 30
order by nome
```

nome	reddito
Andrea	21
Aldo	15
Filippo	30

nome	reddito
Aldo	15
Andrea	21
Filippo	30

Operatori aggregati

Nelle espressioni della target list possiamo avere anche espressioni che calcolano valori a partire da insiemi di ennuple:

– conteggio, minimo, massimo, media, totale

Sintassi base (semplificata):

Funzione ([distinct] EspressioneSuAttributi)

Operatori aggregati: count

Sintassi:

- conta il numero di ennuple:

count ()*

- conta i valori di un attributo (considerando i duplicati):

count (Attributo)

- conta i valori distinti di un attributo:

count (distinct Attributo)

Operatore aggregato count: esempio

Esempio: Quanti figli ha Franco?

```
select count(*) as NumFigliDiFranco
from paternita
where padre = 'Franco'
```

Semantica: l'operatore aggregato (**count**), che conta le ennuple, viene applicato al risultato dell'interrogazione:

```
select *
from paternita
where padre = 'Franco'
```

Risultato di count: esempio

paternita	padre	figlio
	Sergio	Franco
	Luigi	Olga
	Luigi	Filippo
	Franco	Andrea
	Franco	Aldo

NumFigliDiFranco
2

count e valori nulli

```
select count(*)  
from persone
```

Risultato = numero di ennuple
= 4

```
select count(reddito)  
from persone
```

Risultato = numero di valori
diversi da NULL
= 3

```
select count(distinct reddito)  
from persone
```

Risultato = numero di valori
distinti (escluso
NULL)
= 2

persone	nome	eta	reddito
	Andrea	27	21
	Aldo	25	NULL
	Maria	55	21
	Anna	50	35

Altri operatori aggregati

sum, avg, max, min

- ammettono come argomento un attributo o un'espressione (ma non "*")
- **sum** e **avg**: argomenti numerici o tempo
- **max** e **min**: argomenti su cui è definito un ordinamento

Esempio: media dei redditi dei figli di Franco.

```
select avg(reddito)  
from persone join paternita on  
       nome = figlio  
where padre = 'Franco'
```

Operatori aggregati e valori nulli

```
select avg(reddito) as redditoMedio
from persone
```

persone

nome	eta	reddito
Andrea	27	30
Aldo	25	NULL
Maria	55	36
Anna	50	36

viene
ignorato

redditoMedio
34

Operatori aggregati e target list

Un'interrogazione scorretta (di chi sarebbe il nome?):

```
select nome, max(reddito)
from persone
```

La **target list** deve essere **omogenea**, ad esempio:

```
select min(eta), avg(reddito)
from persone
```

Operatori aggregati e raggruppamenti

- Le funzioni di aggregazione possono essere applicate a **partizioni delle ennuple** delle relazioni.
- Per specificare le partizioni delle ennuple, si utilizza la clausola **group by**:

group by listaAttributi

Operatori aggregati e raggruppamenti

Il numero di figli di ciascun padre.

```
select padre, count(*) as NumFigli
from paternita
group by padre
```

paternita

padre	figlio
Sergio	Franco
Luigi	Olga
Luigi	Filippo
Franco	Andrea
Franco	Aldo

padre	NumFigli
Sergio	1
Luigi	2
Franco	2

Semantica di interrogazioni con operatori aggregati e raggruppamenti

1. Si esegue l'interrogazione **ignorando la group by** e gli operatori aggregati:

```
select *  
from paternita
```

2. Si raggruppano le **ennuple che hanno lo stesso valore per gli attributi che compaiono nella group by**, si produce una ennupla del risultato per ogni gruppo, e si applica l'operatore aggregato a ciascun gruppo.

Esercizio 7: group by

Massimo dei redditi per ogni gruppo di persone che sono maggiorenni ed hanno la stessa età (indicando anche l'età).

Esprimere la query in SQL.

persone

nome	eta	reddito
-------------	------------	----------------

Esercizio 7: soluzione

Massimo dei redditi per ogni gruppo di persone che sono maggiorenni ed hanno la stessa età (indicando anche l'età).

```
select eta, max(reddito)
from persone
where eta > 17
group by eta
```

Raggruppamenti e target list

In una interrogazione che fa uso di **group by**, possono comparire nella target list (oltre a funzioni di aggregazione) **solamente** attributi che compaiono nella **group by**.

Esempio: **Scorretta:** redditi delle persone, raggruppati per età.

```
select eta, reddito
from persone
group by eta
```

Potrebbero esistere più valori dell'attributo per lo stesso gruppo.

Corretta: media dei redditi delle persone, raggruppati per età.

```
select eta, avg(reddito)
from persone
group by eta
```

Raggruppamenti e target list, 2

La restrizione sintattica sugli attributi nella `select` vale anche per interrogazioni che semanticamente sarebbero corrette (ovvero, per cui esiste un solo valore dell'attributo per ogni gruppo).

Esempio: i padri col loro reddito, e con reddito medio dei figli.

Scorretta:

```
select padre, avg(f.reddito), p.reddito
from   persone f join paternita on figlio = nome
       join persone p on padre = p.nome
group by padre
```

Corretta:

```
select padre, avg(f.reddito), p.reddito
from   persone f join paternita on figlio = nome
       join persone p on padre = p.nome
group by padre, p.reddito
```

Condizioni sui gruppi

Si possono anche imporre le condizioni di **selezione sui gruppi**. La selezione sui gruppi è **ovviamente diversa** dalla condizione che seleziona le tuple che devono formare i gruppi (clausola `where`). Per effettuare la selezione sui gruppi si usa la clausola **having**, che deve apparire dopo la “`group by`”

Esempio: i padri i cui figli hanno un reddito medio maggiore di 25.

```
select padre, avg(f.reddito)
from   persone f join paternita
       on figlio = nome
group by padre
having avg(f.reddito) > 25
```


Esercizio 8: where o having?

I padri i cui figli sotto i 30 anni hanno un reddito medio maggiore di 20.

Esercizio 8: soluzione

I padri i cui figli sotto i 30 anni hanno un reddito medio maggiore di 20.

```
select padre, avg(f.reddito)
from   persone f join paternita
      on figlio = nome
where  f.eta < 30
group by padre
having avg(f.reddito) > 20
```

Sintassi, riassumiamo

SelectSQL ::=

```
select      ListaAttributiOEspressioni
from       ListaTabelle
[ where     CondizioniSemplici ]
[ group by ListaAttributiDiRaggruppamento ]
[ having    CondizioniAggregate ]
[ order by ListaAttributiDiOrdinamento ]
```

Unione, intersezione e differenza

La **select** da sola non permette di fare unioni.

Serve un costrutto esplicito:

```
select ...
union [all]
select ...
```

Con **union**, i duplicati vengono eliminati (anche in presenza di proiezioni).

Con **union all** vengono mantenuti i duplicati.

Notazione posizionale

```
select padre, figlio
from paternita
union
select madre, figlio
from maternita
```

Quali nomi per gli attributi del risultato?
– quelli del primo operando

Risultato dell'unione

padre	figlio
Sergio	Franco
Luigi	Olga
Luigi	Filippo
Franco	Andrea
Franco	Aldo
Luisa	Maria
Luisa	Luigi
Anna	Olga
Anna	Filippo
Maria	Andrea
Maria	Aldo

Notazione posizionale: esempio

```
select padre, figlio
from paternita
union
select madre, figlio
from maternita
```

```
select padre, figlio
from paternita
union
select figlio, madre
from maternita
```

Ancora sulla notazione posizionale

Con le ridenominazioni non cambia niente:

```
select padre as genitore, figlio
from paternita
union
select figlio, madre as genitore
from maternita
```

Corretta (se vogliamo trattare i padri e le madri come i genitori):

```
select padre as genitore, figlio
from paternita
union
select madre as genitore, figlio
from maternita
```

Differenza

```
select figlio
from paternita
except
select figlio
from maternita
```

Vedremo che la differenza si può esprimere con `select` nidificate.

Intersezione

```
select figlio
from paternita
intersect
select figlio
from maternita
```

equivale a

```
select p.figlio
from paternita p, maternita m
where p.figlio = m.figlio
```

Interrogazioni nidificate

- Nelle condizioni atomiche può comparire una **select** (sintatticamente, deve comparire tra parentesi).
- In particolare, le condizioni atomiche permettono:
 - il confronto fra un attributo (o più attributi) e il risultato di una sottointerrogazione
 - quantificazioni esistenziali

Interrogazioni nidificate: esempio

Nome e reddito del padre di Franco.

```
select  nome, reddito
from    persone, paternita
where   nome = padre and figlio = 'Franco'
```

```
select  nome, reddito
from    persone
where   nome = (select padre
                from    paternita
                where   figlio = 'Franco')
```

Interrogazioni nidificate: operatori

Il risultato di una interrogazione nidificata può essere messo in relazione nella clausola **where** mediante diversi **operatori**:

- uguaglianza o altri operatori di confronto (il risultato della interrogazione nidificata deve essere unico)
- se non si è sicuri che il risultato sia unico, si può far precedere l'interrogazione nidificata da:
 - **any**: vero, se il confronto è vero per **una qualunque** delle tuple risultato dell'interrogazione nidificata
 - **all**: vero, se il confronto è vero per **tutte** le tuple risultato dell'interrogazione nidificata
- l'operatore **in**, che è equivalente a **=any**
- l'operatore **not in**, che è equivalente a **<>all**
- l'operatore **exists**

Interrogazioni nidificate: esempio

Nome e reddito dei padri di persone che guadagnano più di 20 milioni.

```
select distinct p.nome, p.reddito
from   persone p, paternita, persone f
where  p.nome = padre and figlio = f.nome
       and f.reddito > 20
```

```
select nome, reddito
from   persone
where  nome = any (select padre
                  from   paternita, persone
                  where  figlio = nome
                  and    reddito > 20)
```

padri di persone
che guadagnano
più di 20 milioni

Interrogazioni nidificate: esempio

Nome e reddito dei padri di persone che guadagnano più di 20 milioni.

```
select nome, reddito
from persone
where nome in (select padre
               from persone
               where reddito > 20)

select nome, reddito
from persone
where nome in (select padre
               from paternita
               where figlio in (select nome
                               from persone
                               where reddito > 20)
               )
```

padri di persone che guadagnano più di 20 milioni

persone che guadagnano più di 20 milioni

Giuseppe De Giacomo

Basi di Dati

SQL - 95

Interrogazioni nidificate: esempio di all

Persone che hanno un reddito maggiore del (o uguale al) reddito di **tutte** le persone con meno di 30 anni.

*Poiché abbiamo a che fare con un **per ogni** (“**tutte**”), dobbiamo formulare la query come con una **differenza**: cioè riscriviamo l'interrogazione come:*

Persone **tranne** quelle che hanno un reddito minore del reddito di **qualche** persona con meno di 30 anni.

```
select nome
from persone
except
select p.nome
from persone p, persone pp
where p.reddito < pp.reddito and pp.eta < 30
```

Giuseppe De Giacomo

Basi di Dati

SQL - 96

Interrogazioni nidificate: esempio di `all`

Persone che hanno un reddito maggiore del (o uguale al) reddito di tutte le persone con meno di 30 anni.

L'uso di `all` e di query nidificate (quando applicabili) può semplificare la formulazione di query che coinvolgono **per ogni**

```
select nome
from persone
where reddito >= all (select reddito
                      from persone
                      where eta < 30)
```

Interrogazioni nidificate: esempio di `exists`

L'operatore `exists` forma una espressione che è vera se il risultato della sottointerrogazione **non è vuota**.

Esempio: le persone che hanno almeno un figlio.

```
select *
from persone p
where exists (select *
              from paternita
              where padre = p.nome)
or
exists (select *
        from maternita
        where madre = p.nome)
```

Si noti che l'attributo `nome` si riferisce alla relazione nella clausola `from`.

Esercizio 9: interrogazioni nidificate

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio minorenni.

Soluzione 1: selezionare nome ed età delle persone, ed una sottointerrogazione per la condizione che esse siano madre di figli minorenni (con un join).

Soluzione 2: un join per selezionare nome ed età delle madri, ed una sottointerrogazione per la condizione sui figli minorenni.

Soluzione 3: due sottointerrogazioni e nessun join.

Esercizio 9: soluzione 1

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio minorenni.

```
select nome, eta
from persone
where nome in (select madre
               from maternita, persone
               where figlio = nome and
                 eta < 18)
```

Esercizio 9: soluzione 2

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio minorenni.

```
select nome, eta
from persone, maternita
where nome = madre and
      figlio in (select nome
                 from persone
                 where eta < 18)
```

Esercizio 9: soluzione 3

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio minorenni.

```
select nome, eta
from persone
where nome in (select madre
              from maternita
              where figlio in (select nome
                              from persone
                              where eta < 18))
```

Interrogazioni nidificate, commenti

- La forma nidificata può porre problemi di efficienza (i DBMS non sono bravissimi nella loro ottimizzazione), ma talvolta è più leggibile.
- Le sottointerrogazioni non possono contenere operatori insiemistici (“l’unione si fa solo al livello esterno”), ma la limitazione non è significativa.

Interrogazioni nidificate, commenti

- Regole di **visibilità**:
 - non è possibile fare riferimenti a variabili definite in blocchi più interni
 - se un nome di variabile (o tabella) è omissso, si assume riferimento alla variabile (o tabella) più “vicina”
- In un blocco si può fare riferimento a variabili definite nello stesso blocco o in blocchi più esterni.
- **Semantica**: l’interrogazione interna viene eseguita una volta **per ciascuna ennupla** dell’interrogazione esterna

Interrogazioni nidificate: visibilità

Le persone che hanno almeno un figlio.

```
select *
from persone
where exists (select *
              from paternita
              where padre = nome)
or
exists (select *
        from maternita
        where madre = nome)
```

L'attributo **nome** si riferisce alla relazione **persone** nella clausola **from**.

Ancora sulla visibilità

Attenzione alle regole di visibilità: questa interrogazione è scorretta:

```
select *
from impiegato
where dipart in (select nome
                 from dipartimento D1
                 where nome = 'Produzione')
or
dipart in (select nome
           from dipartimento D2
           where D2.citta = D1.citta)
```

impiegato	nome	cognome	dipart
dipartimento	nome	indirizzo	citta

Visibilità: variabili in blocchi interni

Nome e reddito dei padri di persone che guadagnano più di 20 milioni, **con indicazione del reddito del figlio**.

```
select distinct p.nome, p.reddito, f.reddito
from   persone p, paternita, persone f
where  p.nome = padre and figlio = f.nome
       and f.reddito > 20
```

In questo caso l'interrogazione nidificata "intuitiva" non è corretta:

```
select nome, reddito, f.reddito
from persone
where nome in (select padre
              from paternita
              where figlio in (select nome
                              from persone f
                              where f.reddito > 20))
```

Interrogazioni nidificate e correlate

Può essere necessario usare in blocchi interni variabili definite in blocchi esterni; si parla in questo caso di interrogazioni nidificate e **correlate**.

Esempio: i padri i cui figli guadagnano tutti più di venti milioni.

```
select distinct padre
from paternita z
where not exists (select *
                from paternita w, persone
                where w.padre = z.padre
                     and w.figlio = nome
                     and reddito <= 20)
```

Esercizio 10: interrogazioni nidificate e correlate

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio la cui età differisce meno di 20 anni dalla loro.

Esercizio 10: soluzione

Nome ed età delle madri che hanno almeno un figlio la cui età differisce meno di 20 anni dalla loro.

```
select nome, eta
from persone p, maternita
where nome = madre and
      figlio in (select nome
                 from persone
                 where p.eta - eta < 20)
```

Differenza mediante nidificazione

```
select nome from impiegato
  except
select cognome as nome from impiegato
```

```
select nome
from impiegato
where nome not in (select cognome
                  from impiegato)
```

Intersezione mediante nidificazione

```
select nome from impiegato
  intersect
select cognome from impiegato
```

```
select nome
from impiegato
where nome in (select cognome
              from impiegato)
```


Esercizio 11: nidificazione e funzioni

La persona (o le persone) con il reddito massimo.

Esercizio 11: soluzione

La persona (o le persone) con il reddito massimo.

```
select *  
from persone  
where reddito = (select max(reddito)  
                from persone)
```

Oppure:

```
select *  
from persone  
where reddito >= all (select reddito  
                    from persone)
```

Interrogazioni nidificate: condizione su più attributi

Le persone che hanno la coppia (età, reddito) diversa da tutte le altre persone.

```
select *
from persone p
where (eta,reddito) not in
      (select eta, reddito
       from persone
       where nome <>
p.nome)
```

3. Il Linguaggio SQL

3.3 Manipolazione dei dati

1. definizione dei dati
2. interrogazioni
- 3. manipolazione dei dati**
4. ulteriori aspetti

Operazioni di aggiornamento in SQL

- operazioni di
 - inserimento: `insert`
 - eliminazione: `delete`
 - modifica: `update`
- di una o più entuple di una relazione
- sulla base di una condizione che può coinvolgere anche altre relazioni

Inserimento: sintassi

```
insert into Tabella [ ( Attributi ) ]  
      values ( Valori )
```

oppure

```
insert into Tabella [ ( Attributi ) ]  
      select ...
```

Inserimento: esempio

```
insert into persone values ('Mario',25,52)
```

```
insert into persone(nome, eta, reddito)
  values ('Pino',25,52)
```

```
insert into persone(nome, reddito)
  values ('Lino',55)
```

```
insert into persone (nome)
  select padre
  from paternita
  where padre not in (select nome from persone)
```

Inserimento: commenti

- l'ordinamento degli attributi e dei valori è significativo
- le due liste di attributi e di valori debbono avere lo stesso numero di elementi
- se la lista di attributi è omessa, si fa riferimento a tutti gli attributi della relazione, secondo l'ordine con cui sono stati definiti
- se la lista di attributi non contiene tutti gli attributi della relazione, per gli altri viene inserito un valore nullo (che deve essere permesso) o un valore di default

Eliminazione di ennuple

Sintassi:

```
delete from Tabella [ where Condizione ]
```

Esempi:

```
delete from persone  
where eta < 35
```

```
delete from paternita  
where figlio not in  
      (select nome from persone)
```

Eliminazione: commenti

- elimina le ennuple che soddisfano la condizione
- può causare (se i vincoli di integrità referenziale sono definiti con politiche di reazione **cascade**) eliminazioni da altre relazioni
- ricordare: se la **where** viene omessa, si intende **where true**

Modifica di ennuple

- **Sintassi:**

```
update NomeTabella
set Attributo = < Espressione | select ... | null | default >
[ where Condizione ]
```

- **Semantica:** vengono modificate le ennuple della tabella che soddisfano la condizione “where”

- **Esempi:**

```
update persone set reddito = 45
where nome = 'Piero'
```

```
update persone set reddito = reddito * 1.1
where eta < 30
```

3. Il Linguaggio SQL

3.4 Ulteriori aspetti

1. definizione dei dati
2. interrogazioni
3. manipolazione dei dati
4. **ulteriori aspetti**

Vincoli di integrità generici: check

Per specificare vincoli di ennupla o vincoli più complessi su una sola tabella:

`check (Condizione)`

```
create table impiegato
( matricola character(6),
  cognome character(20),
  nome character(20),
  sesso character not null check (sesso in ('M', 'F'))
  stipendio integer,
  superiore character(6),
  check (stipendio <= (select stipendio
                        from   impiegato j
                        where  superiore = j.matricola))
)
```

Vincoli di integrità generici: asserzioni

Specifica vincoli a livello di schema. Sintassi:

`create assertion NomeAss check (Condizione)`

Esempio:

```
create assertion AlmenoUnImpiegato
check (1 <= (select count(*)
            from impiegato))
```

Viste

- Una vista è una tabella **la cui istanza è derivata da altre tabelle mediante una interrogazione.**

```
create view NomeVista [(ListaAttributi)] as SelectSQL
```

- Le viste sono tabelle virtuali: solo quando vengono utilizzate (ad esempio in altre interrogazioni) la loro istanza viene calcolata.

- *Esempio:*

```
create view ImpAmmin(Mat, Nome, Cognome, Stip)
as
select Matricola, Nome, Cognome, Stipendio
from Impiegato
where Dipart = 'Amministrazione' and
Stipendio > 10
```

Un'interrogazione non standard

- Voglio sapere l'età delle persone cui corrisponde il massimo reddito (come somma dei redditi delle persone che hanno quella età).
- La nidificazione nella having **non** è ammessa, e perciò questa soluzione è sbagliata:

```
select eta
from persone
group by eta
having sum(reddito) >= all (select sum(reddito)
from persone
group by eta)
```

- La soluzione è definire una vista.

Soluzione con le viste

```
create view etaReddito(eta,totaleReddito) as
  select eta, sum(reddito)
  from persone
  group by eta
```

```
select eta
from etaReddito
where totaleReddito = (select max(totaleReddito)
                       from etaReddito)
```

Controllo dell'accesso

- In SQL è possibile specificare chi (utente) e come (lettura, scrittura, ...) può utilizzare la base di dati (o parte di essa).
- Oggetto dei **privilegi** (diritti di accesso) sono di solito le tabelle, ma anche altri tipi di **risorse**, quali singoli attributi, viste o domini.
- Un utente predefinito **_system** (amministratore della base di dati) ha tutti i privilegi.
- Il creatore di una risorsa ha tutti i privilegi su di essa.

Privilegi

- Un privilegio è caratterizzato da:
 - la risorsa cui si riferisce
 - l'utente che concede il privilegio
 - l'utente che riceve il privilegio
 - l'azione che viene permessa
 - la trasmissibilità del privilegio
- Tipi di privilegi
 - **insert**: permette di inserire nuovi oggetti (ennuple)
 - **update**: permette di modificare il contenuto
 - **delete**: permette di eliminare oggetti
 - **select**: permette di leggere la risorsa
 - **references**: permette la definizione di vincoli di integrità referenziale verso la risorsa (può limitare la possibilità di modificare la risorsa)
 - **usage**: permette l'utilizzo in una definizione (per esempio, di un dominio)

grant e revoke

- **Concessione** di privilegi:

```
grant < Privileges | all privileges > on  
Resource to Users [ with grantOption ]
```

 - *grantOption* specifica se il privilegio può essere trasmesso ad altri utenti

```
grant select on Dipartimento to Giuseppe
```
- **Revoca** di privilegi:

```
revoke Privileges on Resource from Users  
[ restrict | cascade ]
```

create schema

- SQL prevede una istruzione **create schema**, che non serve a dichiarare uno schema di basi di dati propriamente detto, ma un cosiddetto **namespace**.
- Ad un namespace si possono associare relazioni, vincoli, privilegi, ecc. ed operare sugli stessi in modo unitario.
- Noi nel seguito non faremo uso di questa istruzione.

Transazione

- Insieme di operazioni da considerare indivisibile (“atomico”), corretto anche in presenza di concorrenza, e con effetti definitivi.
- Proprietà (“**ACIDe**”):
 - **A**tomicità
 - **C**onsistenza
 - **I**solamento
 - **D**urabilità (persistenza)

Le transazioni sono ... atomiche

- La sequenza di operazioni sulla base di dati viene eseguita per intero o per niente:

Esempio: trasferimento di fondi da un conto A ad un conto B: o si fa sia il prelievo da A sia il versamento su B, o nessuno dei due.

Le transazioni sono ... consistenti

- Al termine dell'esecuzione di una transazione, i vincoli di integrità debbono essere soddisfatti.
- “Durante” l'esecuzione ci possono essere violazioni, ma se restano alla fine allora la transazione deve essere annullata per intero (“abortita”).

Le transazioni sono ... isolate

- L'effetto di transazioni concorrenti deve essere coerente (ad esempio “equivalente” all'esecuzione separata).

Esempio: se due assegni emessi sullo stesso conto corrente vengono incassati contemporaneamente si deve evitare di trascurarne uno.

I risultati delle transazioni sono durevoli

- La conclusione positiva di una transazione corrisponde ad un impegno (in inglese **commit**) a mantenere traccia del risultato in modo definitivo, anche in presenza di guasti e di esecuzione concorrente.

Transazioni in SQL

Istruzioni fondamentali

- **begin transaction**: specifica l'inizio della transazione (le operazioni non vengono eseguite sulla base di dati)
- **commit work**: le operazioni specificate a partire dal **begin transaction** vengono eseguite
- **rollback work**: si rinuncia all'esecuzione delle operazioni specificate dopo l'ultimo **begin transaction**

Esempio di transazione in SQL

```
begin transaction;
  update ContoCorrente
    set Saldo = Saldo - 10
    where NumeroConto = 12345;
  update ContoCorrente
    set Saldo = Saldo + 10
    where NumeroConto = 55555;
commit work;
```