# Basi di dati relazionali ad oggetti



## Sommario

- Introduzione agli ORDBMS
- Sistema di tipi:
  - tipi semplici
  - tipi complessi
  - tipi riferimento
  - tipi collezione
- Ereditarietà
  - di tipi
  - di tabelle
- Large OBject (LOB)
- Metodi, Trigger & Stored Procedure



## Utilizzo di un DBMS

- Tre classi di applicazioni:
  - applicazioni gestionali
  - applicazioni navigazionali
  - applicazioni multimediali



## Applicazioni gestionali

- Applicazioni OLTP
  - grosse quantità di dati
  - dati ed interrogazioni semplici
  - molti utenti concorrenti (transazioni)
  - grande numero di interrogazioni e modifiche



## Applicazioni gestionali

- Applicazioni OLAP
  - grosse quantità di dati
  - dati semplici ma interrogazioni complesse
  - molti utenti
  - accesso quasi esclusivamente in consultazione



## Applicazioni gestionali

- Le applicazioni gestionali richiedono:
  - elevate prestazioni
  - scalabilità
  - protezione dei dati
  - supporto all'amministrazione del sistema
  - tool

## Applicazioni navigazionali

- Tipici esempi sono le applicazioni CAD e per le telecomunicazioni
- Devono gestire associazioni complesse tra i dati e navigare in esse



## Applicazioni multimediali

- Richiedono di memorizzare e gestire immagini, testi, suoni, video, ecc. oltre a dati tradizionali
- Necessità di definire operazioni specifiche per i dati multimediali



## Applicazioni: linee di tendenza

- La costante diminuzione del costo dell'hw ha facilitato la memorizzazione di dati complessi, multimediali che richiedono nuovi strumenti per la loro gestione e interrogazione



## RDBMS: panorama attuale

- Gestiscono e manipolano dati semplici (tabellari)
- Hanno un linguaggio di interrogazione (SQL) semplice, dichiarativo e standard
- Tool consolidati per lo sviluppo di applicazioni (Oracle Developer 2000, Sybase Power Builder, Microsoft Visual Basic)



## RDBMS: panorama attuale

- Buone prestazioni
- Affidabilità
- Basati su una architettura client-server supportano efficientemente un gran numero di utenti
- Forniscono meccanismi di controllo dell'accesso



## RDBMS: panorama attuale

- Forniscono strumenti per la distribuzione e replicazione dei dati
- Portabili su diverse piattaforme
- Esempi di RDBMS: IBM DB2, Oracle, Sybase, Informix, Microsoft SQL Server

## OODBMS: panorama attuale

- Permettono di modellare direttamente oggetti complessi e le loro associazioni
- Buone prestazioni per applicazioni navigazionali
- Limitato supporto per concorrenza, parallelismo e distribuzione



## OODBMS: panorama attuale

- Semplici modelli transazionali
- Limitate funzionalità di controllo dell'accesso
- Coprono un mercato "di nicchia" che richiede accessi navigazionali efficienti (disegno di chip, ecc.)
- Esempi di OODBMS: ObjectStore, Gemstone, ONTOS, O2, Objectivity



## RDBMS vs. OODBMS

- RDBMS forniscono un buon supporto per applicazioni che manipolano dati semplici
- OODBMS forniscono un supporto efficiente per alcune classi di applicazioni su dati complessi, ma senza molti degli aspetti positivi dei RDBMS



## RDBMS vs. OODBMS

Non esiste un modello dei dati migliore di un altro ma esistono applicazioni per cui un modello è migliore di un altro



## DBMS relazionali ad oggetti

- I DBMS relazionali ad oggetti (object-relational) nascono dall'esigenza di assicurare le funzionalità dei RDBMS rispetto alla gestione di dati tradizionali, estendendo il modello dei dati con la possibilità di gestire dati complessi tipica degli OODBMs



## Estensione del sistema dei tipi

- Tipi semplici
- Tipi complessi:
  - ADT
  - row types
- Tipi riferimento
- Tipi collezione

## Estensione dei tipi primitivi

- In SQL92 i tipi di un attributo in una relazione possono essere:
  - **numerici** (interi, reali, ecc.)
  - **carattere** (stringhe di lunghezza fissa o variabile, caratteri singoli)
  - **temporali** (date, time, datetime, interval)



## Estensione dei tipi primitivi

- Per ogni tipo primitivo esistono un insieme fisso e pre-definito di operazioni che su di esso possono essere eseguite
- Queste limitazioni rendono spesso difficile la rappresentazione di dati reali
- In SQL:1999 i tipi vengono estesi con un insieme di UDT (user defined types) creati con il comando CREATE TYPE



## Tipi semplici

- I tipi semplici (o distinct type) sono la forma più semplice di estensione del sistema dei tipi fornita da un ORDBMS
- Consentono agli utenti di creare nuovi tipi di dati, basati su un solo tipo primitivo
- Sono usati per definire tipi di dati che richiedono operazioni diverse rispetto al tipo primitivo su cui sono definiti



## Tipi semplici

- I tipi semplici sono considerati dal DBMS *totalmente distinti* dal tipo primitivo su cui si basano
- I valori del tipo semplice non sono direttamente confrontabili con quelli del corrispondente tipo primitivo (strong typing)



## Tipi semplici

- Confronti con il tipo primitivo o con altri tipi semplici definiti sullo stesso tipo primitivo richiedono operazioni di **cast**
- Spesso l'ORDBMS crea automaticamente una funzione di cast quando un nuovo tipo semplice viene creato
- Non è fornito alcun meccanismo di ereditarietà e subtyping per i tipi semplici



## Esempio

- Si supponga di creare un nuovo tipo id_impiegato basato sul tipo intero
- Come il tipo intero, id_impiegato è utilizzato per memorizzare valori numerici ma il DBMS tratterà i due tipi come tipi distinti
- Per i due tipi possono essere definite operazioni diverse (ad esempio la somma di due identificatori non ha senso)

## Esempio

```
CREATE TYPE id_impiegato AS INTEGER;
CREATE TABLE Impiegati(
   id            id_impiegato,
   nome          VARCHAR(50),
   id_manager    id_impiegato);
```

*[in realtà in SQL:1999 c'è clausola FINAL obbligatoria per i distinct type]*



## Esempio

```
SELECT nome
FROM Impiegati
WHRER id_manager = 123;
```

errore

```
SELECT nome
FROM Impiegati
WHERE id_manager = id_impiegato(123);
```



## Esempio

```
CREATE TYPE Dollaro_Canadese AS Decimal(8,2);

CREATE TYPE Dollaro_USA AS Decimal(8,2)
   METHOD "+"(Dollaro_USA) RETURNS Dollaro_USA;

CREATE TABLE Vendite_Canadesi(
   n_cliente          INTEGER,
   n_ordine           INTEGER,
   totale             Dollaro_Canadese);

CREATE TABLE Vendite_USA(
   n_cliente          INTEGER,
   n_ordine           INTEGER,
   totale             Dollaro_USA);
```



## Esempio

```
SELECT n_cliente,n_ordine
 FROM Vendite_Canadesi CDN, Vendite_USA USA
 WHERE CDN.n_ordine = USA.n_ordine
    AND CDN.totale > USA.totale
```

errore!!!

```
SELECT n_cliente,n_ordine
 FROM Vendite_Canadesi CDN, Vendite_USA USA
 WHERE CDN.n_ordine = USA.n_ordine
    AND CDN.totale > Dollaro_Canadese(USA.totale)
```



## Tipi complessi

- Un tipo complesso, o strutturato,include uno o più attributi
- Analoghi alle struct del C o ai record del Pascal
- Possono essere usati come:
  - **tipi di una colonna** in una relazione (ADT)
  - **tipi di una tabella** (row types)



## Abstract data types

- Si supponga di voler rappresentare l'indirizzo di un impiegato in un RDBMS

  sono possibili due alternative:
  - indirizzo VARCHAR(n)
  - rappresentare ogni componente dell'indirizzo come un attributo separato

## Abstract data types

```
CREATE TYPE t_indirizzo AS
   numero_civico    INTEGER,
   via              VARCHAR(50),
   città            CHAR(20),
   stato            CHAR(2),
   cap              INTEGER;
```

t_indirizzo è un tipo complesso i cui attributi hanno tipi predefiniti

*[in realtà in SQL:1999 è obbligatorio specificare FINAL o NOT FINAL]*



## Abstract data types

- Gli ADT possono essere usati come tipi di una colonna di una relazione:

```
CREATE TABLE Impiegati (
      imp#       id_impiegato,
      nome       CHAR(20),
      curriculum TEXT,
      indirizzo  t_indirizzo);
```



## Abstract data types

Tabella Impiegati

| imp# | nome | curriculum | indirizzo<br>numero_civico via città stato cap |
|---|---|---|---|
| | | | |



## Abstract data types

- Gli ADT possono anche essere annidati:

```
CREATE TYPE t_impiegato AS
      id          id_impiegato,
      nome        CHAR(20),
      curriculum  TEXT,
      indirizzo   t_indirizzo;
```



## Abstract data types

- Sugli ADT possono essere definiti metodi come parte della definizione del tipo

```
CREATE TYPE t_impiegato AS
      id          id_impiegato,
      nome        CHAR(20),
      curriculum  TEXT,
      indirizzo   t_indirizzo
METHOD cognome() RETURNS CHAR(10),
METHOD confronta(t_impiegato) RETURNS BOOLEAN;
```



## Abstract data types

- Gli ADT sono totalmente incapsulati
- La loro manipolazione può avvenire solo mediante apposite funzioni automaticamente create dal DBMS al momento della creazione dell'ADT

## Abstract data types

- Tre tipi di funzioni
  - funzioni **costruttore**: per creare una nuova instanza di un ADT
  - funzioni **observer**: per formulare interrogazioni sugli ADT
  - funzioni **mutator**: per cambiare valori ad istanze di un ADT



## Funzioni costruttore

- Ad ogni ADT è automaticamente associato un metodo (costruttore) con lo stesso nome del tipo
- Il costruttore crea un'istanza del tipo



## Esempio

t_indirizzo() ----> t_indirizzo

crea una nuova istanza del tipo t_indirizzo con gli attributi inizializzati ai valori di default (tali valori possono anche essere NULL)

t_indirizzo(39, 'Comelico', 'Milano', 'IT', 20135)

crea una nuova istanza del tipo t_indirizzo con gli attributi inizializzati in base ai valori forniti



## Esempio

```
INSERT INTO Impiegati
VALUES(SM123,'Smith',NULL,
       t_indirizzo(14,'Sauli', 'Milano','IT', 20135));
```

| imp# | nome | curriculum | indirizzo<br>numero_civico via città stato cap |
|---|---|---|---|
| SM123 | Smith | NULL | 14 Sauli Milano IT 20135 |



## Funzioni observer

- Per ogni componente di un ADT è automaticamente creata una funzione observer con lo stesso nome della componente:

  numero_civico() ----> INTEGER
  via() ----> VARCHAR(50)
  città() ----> CHAR(20)
  stato() ----> CHAR(2)
  cap() ----> INTEGER



## Esempio

```
SELECT nome
FROM Impiegati
WHERE indirizzo.città() = 'Milano'
      OR indirizzo.città() = 'Roma';
```

## Funzioni mutator

- Servono per modificare istanze di un ADT

numero_civico(INTEGER)
via(VARCHAR(50))
città(CHAR(20))
stato(CHAR(2))
cap(INTEGER)



## Esempio

```
BEGIN
   DECLARE i t_indirizzo     /* dichiarazione variabile temporanea */
   SET u = t_indirizzo();                    /* costruttore */
   SET u = u.cap(20135);                     /* mutator */
   SET u = u.via('Sauli');                   /* mutator */
   …
   INSERT INTO IMPIEGATI VALUES ('Rossi', '…', u);
END;

UPDATE Impiegati
  SET indirizzo = indirizzo.cap(20135)
WHERE nome = 'Smith';
```



## Row types

- Un dato complesso può anche essere usato come tipo di una intera tabella (row type)
- Le righe della tabella sono istanze del tipo complesso mentre le colonne coincidono con gli attributi del tipo complesso
- Permettono di:
  - definire un insieme di tabelle che condividono la stessa struttura
  - modellare in modo intuitivo le associazioni tra dati in tabelle diverse
  - definire gerarchie di tabelle



## Esempio

- Si supponga di voler memorizzare informazioni sugli impiegati ed i progetti a cui lavorano
- In un RDBMS avrei due tabelle Impiegati e Progetti
- Nella tabella Impiegati è presente una colonna che indica il progetto a cui l'impiegato lavora (chiave esterna)



## Esempio

Impiegati

| imp# | | prj# |
|---|---|---|
| SM123 | … | 12 |

Progetti

| prj# | nome | |
|---|---|---|
| 12 | Oracle | … |



## Row types

- In un ORDBMS ho due opzioni in più:
  - **definire un ADT** t_progetto e usare questo come tipo di una colonna della relazione Impiegati (ridondanza dei dati perché lo stesso progetto può essere memorizzato molte volte in Impiegati)
  - **definire una tabella** basata su un nuovo tipo complesso e riferire le colonne istanza di questo nuovo tipo

## Esempio

```
CREATE TYPE t_progetto AS
   prj#          INTEGER,
   nome          VARCHAR(20),
   descrizione   VARCHAR(50),
   budget        INTEGER;

CREATE TABLE Progetti OF t_progetto;
```



## Esempio

Progetti

| prj# | nome | descrizione | budget |
|---|---|---|---|
| 12 | Oracle | ORDBMS | 10,000,000 |



## Row types

- Nessun meccanismo di incapsulazione
- L'incapsulazione c'e' solo quando un ADT è usato come tipo di una colonna
- Gli attributi del row type sono visti come colonne della tabella
- Le interrogazioni sono eseguite nel modo standard



## Esempio

```
SELECT *
  FROM Progetti
  WHERE budget > 1,000,000;
```



## Tipi riferimento

- I row type possono essere combinati con i tipi riferimento (REF type)
- Permettono di rappresentare facilmente le associazioni tra istanze di tipi
- Tali tipi permettono ad una colonna di riferire una tupla in un'altra relazione
- Una tupla in una relazione viene identificata tramite il suo OID



## Esempio

```
CREATE TABLE Progetti OF t_progetto
 (prog_ref          REF(t_progetto));
```

| prog_ref | prj# | nome | descrizione | budget |
|---|---|---|---|---|
| xxxx | 433 | DB2 | ORDBMS | 20,000,000 |

Riferimento univoco creato automaticamente dal DBMS

## Esempio

- A questo punto è possibile creare una tabella Impiegati contenente dei riferimenti alla tabella Progetti
- Questi riferimenti servono per modellare l'associazione tra un impiegato e i progetti a cui lavora



## Esempio

```
CREATE TABLE Impiegati(
   imp#          id_impiegato,
   nome          VARCHAR(50),
   indirizzo     t_indirizzo,
   assegnamento  REF(t_progetto) SCOPE Progetti);
```

Più impiegati possono riferire lo stesso progetto

Un impiegato è assegnato al massimo ad un progetto



## Esempio

```
CREATE TYPE t_impiegato(
   imp#          id_impiegato,
   nome          CHAR(20),
   curriculum    TEXT,
   indirizzo     t_indirizzo,
   dipartimento  REF(t_dipartimento));

CREATE TABLE Impiegati OF t_impiegato;
```



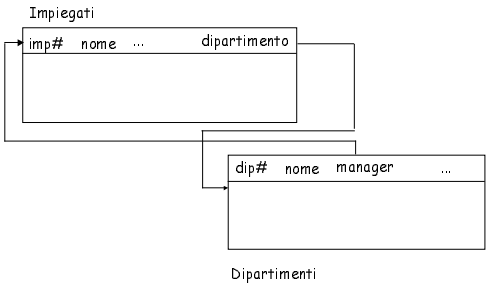
## Esempio

```
CREATE TYPE t_dipartimento(
   dip#      INTEGER,
   nome      CHAR(10),
   manager   REF(t_impiegato),
   piantina  PICTURE);

CREATE TABLE Dipartimenti of t_dipartimento;
```



## Esempio






## Esempio

- La colonna dipartimento di Impiegati *punta* ad una tupla della tabella Dipartimenti (quella corrispondente al dipartimento in cui l'impiegato lavora)
- La colonna manager di Dipartimenti *punta* ad una tupla della tabella Impiegati (quella corrispondente al direttore del dipartimento)

## Tipi riferimento

- In SQL:1999 sono definite due nuove funzioni per la manipolazione dei tipi riferimento:
  - DEREF che riceve in input un attributo di tipo riferimento e restituisce la riga puntata:
    DEREF(Impiegati.dipartimento)
    restituisce una riga della tabella Dipartimenti
  - -> che riceve in input un attributo di tipo riferimento e permette di accedere ad un attributo della riga puntata:
    Impiegati.dipartimento -> nome



## Esempio

SELECT manager
FROM Dipartimenti
WHERE nome = "Dischi";

Restituisce un puntatore ad un impiegato (cioè l'oid dell'impiegato che è manager del dipartimento Dischi)

SELECT DEREF(manager)
FROM Dipartimenti
WHERE nome = "Dischi";

Restituisce informazioni sul manager del dipartimento Dischi (un'intera riga della tabella Impiegati)



## Esempio

SELECT DEREF(manager).nome
FROM Dipartimenti
WHERE nome = "Dischi";

è equivalente a:

SELECT manager -> nome
FROM Dipartimenti
WHERE nome = "Dischi";

Restituisce il nome del manager del dipartimento Dischi



## Tipi collezione

- I tipi collezione definiscono dei *contenitori* per oggetti con struttura simile
- Non esiste ancora una standardizzazione sull'insieme di tipi collezione supportati dai vari ORDBMS
- In particolare, il solo tipo collezione incluso in SQL:1999 è ARRAY



## Tipi collezione

- Set, Bag, List
- Array (a differenza delle liste la dimensione è prefissata)

sintassi: tipo ARRAY[dimensione]



## Esempio

```
CREATE TABLE Impiegati(
   imp#              id_impiegato,
   nome              VARCHAR(50),
   competenze        VARCHAR(20) ARRAY[5]),
   titolo_di_studio  VARCHAR(30));
```

## Esempio

```
CREATE TYPE t_impiegato(
   imp#       id_impiegato,
   nome       VARCHAR(30),
  indirizzo   t_indirizzo,
   manager    REF(t_impiegato),
   progetti   REF(t_progetto) ARRAY[10]),
   figli      REF(t_persona) ARRAY[10]),
   hobby      VARCHAR(20) ARRAY[5]);

CREATE TABLE Impiegati2 OF t_impiegato;
```



## Ereditarietà

- Possibilità di definire relazioni di supertipo/sottotipo
- L'ereditarietà consente di specializzare i tipi esistenti a seconda delle esigenze dell'applicazione
- Un sottotipo eredita gli attributi e i metodi dei suoi supertipi
- Si possono distinguere due tipi di ereditarietà
  - ereditarietà di tipi
  - ereditarietà di tabelle



## Ereditarietà di tipi

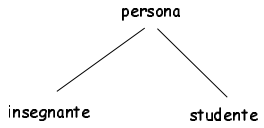
```
CREATE TYPE t_persona AS
   nome             CHAR(20),
   id               INTEGER,
   data_di_nascita  DATE,
   indirizzo        t_indirizzo;

CREATE TYPE t_insegnante AS
   stipendio        DECIMAL(8,2),
   dipartimento     REF(t_dipartimento),
   corso_insegnato  REF(t_corso)
UNDER t_persona;
```



## Ereditarietà di tipi

```
CREATE TYPE t_studente AS
   corsi_seguiti REF(t_corso) ARRAY[30]
UNDER t_persona;
```






## Esempio

- Supponiamo che l'editore di un quotidiano voglia mantenere una tabella Abbonati con informazioni sui suoi abbonati
- La tabella contiene due colonne: nome ed indirizzo dell'abbonato
- Gli abbonati possono ricevere il quotidiano sia a casa sia sul posto di lavoro



## Esempio

```
CREATE TYPE t_indirizzo AS
   numero_civico    INTEGER,
   via              VARCHAR(50),
   città            CHAR(20),
   stato            CHAR(2),
   cap              INTEGER;

CREATE TYPE t_indirizzo_lavoro AS
   posta_interna    VARCHAR(20)
UNDER t_indirizzo;
```

## Ereditarietà di tabelle

- Come visto in precedenza i row type possono essere usati come tipi di tabelle
- I row type possono essere organizzati in gerarchie di ereditarietà
- La gerarchia definita sui row type impone anche una gerarchia sulle tabelle definite con questi tipi



## Esempio

- CREATE TABLE Persone OF t_persona;
- CREATE TABLE Insegnanti of t_insegnante UNDER Persone;
- CREATE TABLE Studenti OF t_studente UNDER Persone;
- E' stata creata una gerarchia tra le tabelle Persone, Insegnanti e Studenti
- La gerarchia influenza i risultati delle interrogazioni



## Interrogazioni

- Una interrogazione fatta su una tabella si propaga automaticamente alle sottotabelle
- Lo stesso vale per le operazioni di cancellazione mentre una operazione di inserimento coinvolge solo una specifica tabella



## Large Objects (LOBs)

- Facilitano la memorizzazione di dati multimediali (documenti, immagini, audio, ecc.)
- Possono contenere fino a 4GB di dati (di solito i RDBMS non vanno oltre 2-32KB)
- Il DBMS non associa nessuna interpretazione a questi datiSi distinguono in:
  - BLOB (Binary Large Object)
  - CLOB (Character Large Object)
- Sono fisicamente memorizzati esternamente alle tabelle ma internamente al DB (comportamento transazionale)



## LOB

```
CREATE TABLE Pazienti(
   id              INTEGER,
   età             INTEGER,
   cartella_clinica  CLOB(1M),
   radiografia     BLOB(10M));
```



## Metodi

- I metodi sono funzioni definite dall'utente associate ai tipi
- Possono essere scritti in diversi linguaggi
- La sintassi varia notevolmente a seconda del DBMS utilizzato
- I metodi sono ereditati dai sottotipi allo stesso modo degli attributi
- Overloading, overriding e late binding dei metodi

# Metodi

```
CREATE TYPE t_persona AS
   nome              CHAR(20),
   id                INTEGER,
   data_di_nascita   DATE,
   indirizzo         t_indirizzo
 METHOD età() RETURNS INTEGER;
```



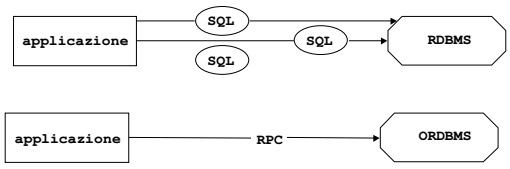
# Trigger

- I trigger sono delle regole attive (scritte in SQL) che possono essere associate alle tabelle
- I trigger vengono automaticamente attivati al verificarsi di una certa condizione
- La loro attivazione comporta una serie di operazioni nel DB (inserimenti in tabelle, ecc.)
- Struttura generale:
  **ON** <evento> **WHERE** <condizione> **DO** <azione>
- Consentono di specificare facilmente vincoli e controlli



# Stored Procedure

- Sono procedure memorizzate persistentemente nello schema del DB
- Possono essere invocate da molteplici applicazioni
- Migliorano le prestazioni in quanto riducono la comunicazione tra client (applicazione) e DBMS (server)
- Possono essere scritte in un linguaggio di programmazione (Java,C++,ecc.) o in un'estensione procedurale del linguaggio SQL (Oracle PL/SQL,Sybase Transact/SQL, Informix 4GL,)
- Il maggiore svantaggio delle stored procedure è la mancanza di standardizzazione



# Stored Procedure