Basi di dati attive

Sommario

- Preliminari
- Approcci architetturali
- Linguaggi per la specifica di regole
  - Eventi
  - Condizioni
  - Azioni
  - Ulteriori caratteristiche
- Modello di esecuzione
  - Esecuzione delle regole
  - Soluzione dei conflitti
  - Modalità di accoppiamento
  - Terminazione

Sommario

- Regole attive in Starbust
- Lo standard per le regole attive nei DBMS relazionali: **SQL:1999**
- Le regole attive nei sistemi commerciali
  - Oracle
  - DB2

Preliminari

I DBMS tradizionali sono **passivi**: eseguono delle operazioni solo su richiesta

Spesso si ha la necessità di avere capacità **reattive**: il DBMS reagisce autonomamente ad alcuni eventi ed esegue determinate operazioni

In questo ultimo caso parleremo di **DBMS attivi**, per cui è possibile definire *regole attive* o *trigger*

Preliminari

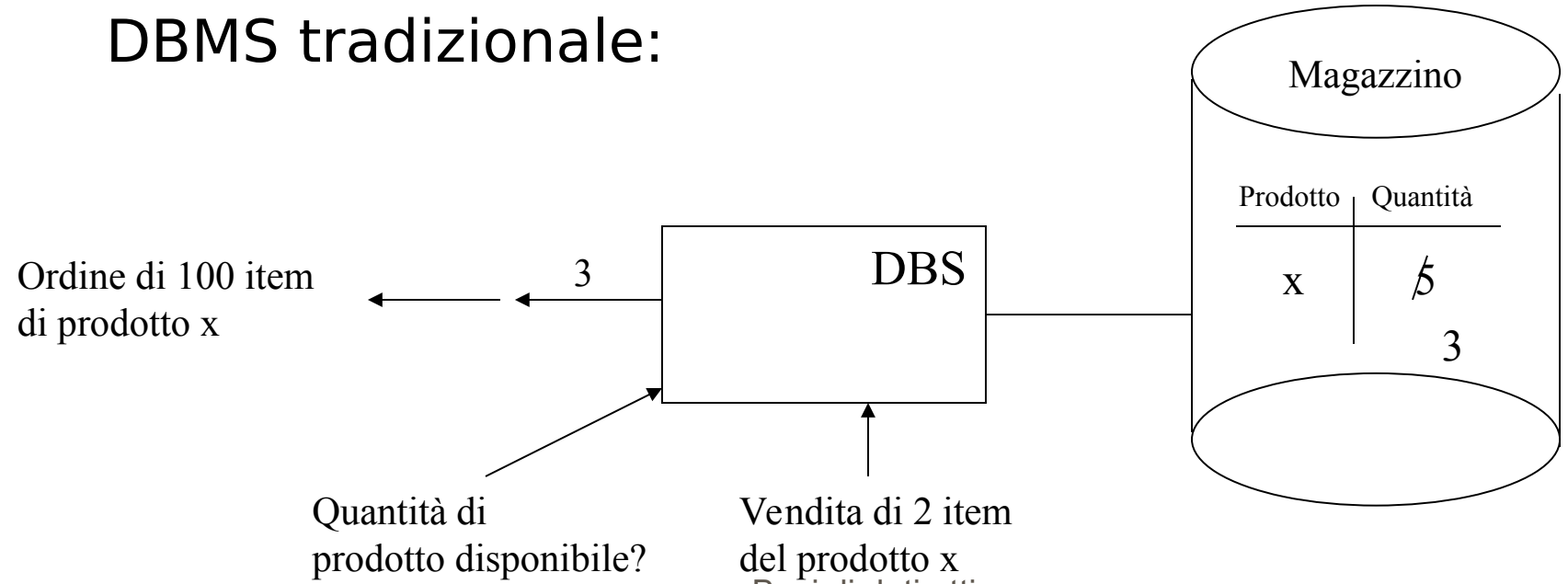
Esempi di applicazioni in cui i DBMS attivi sono utili:

- controllo dei processi
- gestione automatizzata del lavoro di ufficio
- controllo di workflow
- sistemi di controllo in ambito medico

Preliminari

Esempio: gestione automatizzata di un magazzino in cui se la quantità di un prodotto scende sotto 4 devo ordinare 100 item di tale prodotto

DBMS tradizionale:

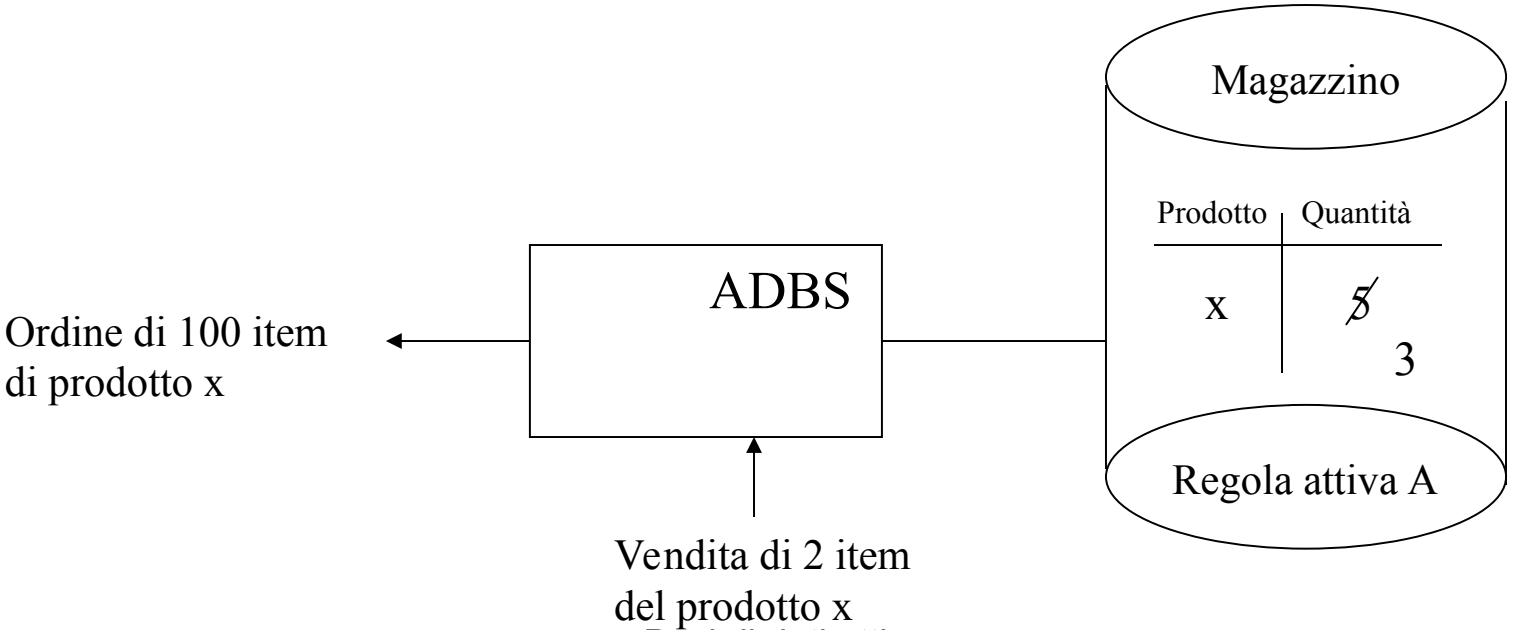


Preliminari

Esempio continua:

DBMS attivo:

Regola attiva A: se la quantità diventa <=4 allora ordina 100 item



Preliminari

Questo è un esempio di uso delle regole attive per monitoraggio

Altri esempi:

- vincoli di integrità
- alerting
- specifica di azioni consequenziali

Approcci architetturali

Approcci architetturali

Approcci architetturali

Linguaggi per la specifica di regole

- una *base di dati attiva* è una base di dati nella quale alcune operazioni sono automaticamente eseguite quando si verifica una determinata situazione
- la situazione può corrispondere al fatto che si verifichino eventi specifici si verificano, o che siano riscontrati particolari condizioni o particolari stati o transizioni di stato
- una *regola attiva (trigger)* è un costrutto sintattico per definire la reazione del sistema

Linguaggi per la specifica di regole

Il paradigma più noto per la definizione dei trigger
è quello

evento-condizione-azione (ECA)

evento: se si verifica provoca l'attivazione del trigger

condizione: se è soddisfatta l'azione del trigger è eseguita

azione: sequenza di operazioni che può anche modificare la base dati, viene eseguita solo se la condizione è vera

Linguaggi per la specifica di regole

La forma più comune di trigger è quindi:

ON *evento* IF *condizione* THEN *azione*

se si verifica l'evento, la condizione è valutata, se la condizione è soddisfatta l'azione viene eseguita

Linguaggi per la specifica di regole

- le regole attive hanno origine da quelle dell'*intelligenza artificiale*

- di solito, però, queste non hanno eventi, ovvero sono della forma:

IF *condizione* THEN *azione*

Linguaggi per la specifica di regole

Perché è vantaggioso avere l'evento?

La condizione è costosa (in termini di efficienza) da valutare, mentre rilevare l'accadere di un evento è molto meno complesso

Questo problema è ancora più sentito in ambito basi di dati in cui ho grosse moli di dati

Inoltre, posso specificare azioni diverse per eventi diversi e stessa condizione

Eventi

Un *evento* è qualcosa che accade, o si verifica, che è di interesse e che può essere mappato in un istante di tempo

- Modifica dei dati: inserimento, cancellazione, modifica
- Accesso ai dati: interrogazione su una tabella
- Operazione del DBMS: login di un utente, gestione di transazioni, di autorizzazioni
- Eventi temporali: ogni giorno alle 12
- Eventi definiti da applicazioni: data troppo grande

Eventi

- Possibilità di definire regole che possono essere attivate *before* o *after* un evento

- Possibilità di combinare gli eventi (*eventi compositi*):

  - operatori logici: and, or, ecc.
  - sequenza: considero un trigger se due o più eventi accadono in un certo ordine
  - composizione temporale: considero un trigger quando l'evento E2 avviene 5 secondi dopo l'evento E1

Condizioni

Una *condizione* è un ulteriore controllo che viene eseguito quando la regola è considerata e prima che l'azione sia eseguita

- Predicati: clausola where di SQL, è vantaggioso avere predicati semplici perché sono più efficienti da valutare
- Interrogazioni: condizione vera se e solo se l'interrogazione restituisce l'insieme vuoto
- Procedure applicative: chiamata ad una procedura

Condizioni

Altre osservazioni:

- la condizione può far riferimento a stati passati o a variabili di sistema
- passaggio di parametri tra condizione e azione (non sempre possibile)
- se la condizione non c’è si assume vera

Azioni

Un'*azione* è una sequenza di operazioni che viene eseguita quando la regola è considerata e a sua condizione è vera

- Modifica dei dati: inserimento, cancellazione, modifica
- Accesso ai dati: interrogazione su una tabella
- Altri comandi: definizione di dati, controllo delle transazioni (commit, rollback), garantire e revocare privilegi
- Procedure applicative: chiamata ad una procedura

Ulteriori caratteristiche

- **Comandi per le regole**: di solito è possibile creare e cancellare una regola, oppure abilitarla e disabilitarla

- **Priorità per le regole**: spesso devo scegliere quale regola attivare fra un insieme di regole
  - priorità relative (per es., ordine di creazione)
  - priorità assolute

- **Strutturare le regole**: in moduli

Modello di esecuzione

Due attività fondamentali in un ADBMS:

- rilevare gli eventi
- processo reattivo: selezionare ed eseguire le regole

Algoritmo del processo reattivo:

While ci sono regole da considerare **Do**
(1) trova una regola *R* da considerare (*selezione*)
(2) valuta la condizione di *R (considerazione)*
(3) **If** la condizione di *R* è vera **Then**
esegui l'azione di *R (esecuzione)* **endIf**
endWhile

Modello di esecuzione

Granularità del processo reattivo: frequenza di attivazione del processo

Esempi:

- alla fine di un intero comando SQL in cui, per esempio, modifico tante tuple
- alla fine della modifica di ogni tupla da parte di un comando SQL (più fine della precedente)

Esecuzione delle regole

Due modalità:

- *orientata all'istanza (instance oriented):* la regola è eseguita per ogni elemento della base di dati che attiva la regola e soddisfa la condizione

- *orientata all'insieme (set oriented):* la regola è eseguita una volta per l'insieme di tali elementi

Soluzione dei conflitti

Come scegliere una regola fra un insieme di regole attivate?

- arbitrariamente
- priorità
- proprietà statistiche (per es., momento della creazione)
- proprietà dinamiche (per es., regola attivata più di recente)
- alternativa: valutare più regole concorrentemente

Modalità di accoppiamento

Sono anche dette *coupling modes* e stabiliscono quando valutare una parte di una regola rispetto ad un'altra

Esempio: modalità di accoppiamento

- tra evento e condizione
- tra condizione e azione

Inoltre è possibile stabilire se l'azione è:

- estensione della transazione corrente
- in una nuova transazione

Modalità di accoppiamento

Possibili modalità di accoppiamento sono:

- Immediata: immediatamente nella stessa transazione
- Differita: al momento del commit della transazione corrente
- Separata: in una nuova transazione, in questo caso può essere dipendente o indipenedente

Modalità di accoppiamento

Terminazione

Problema: non terminazione del processo reattivo

Soluzioni possibili:

- lasciare al progettista il compito di progettare le regole di modo che la non terminazione non si verifichi
- fissare un limite superiore che stabilisce un numero massimo di regole che possono essere attivate
- restrizioni sintattiche sulle regole

Starbust

- Progetto di ricerca sviluppato all'IBM
- **Starbust**: DBMS relazionale estensibile al quale è stata aggiunta una componente attiva
- Ha influenzato molto lo standard SQL:1999
- Completa integrazione della componente reattiva del sistema con il linguaggio di interrogazione e le transazioni

Starbust

Regola in Starbust:

CREATE RULE *Nome* **ON** *Relazione*
WHEN *Eventi*
[**IF** *Condizione*]
THEN *Lista Azioni*
[**PRECEDES** *Lista Regole*]
[**FOLLOWS** *Lista Regole*]

Nota: più di un evento può attivare una regola

Starbust

Possibili **eventi**:

- inserted
- deleted
- updated
- updated(a1,...,an)

Condizione: interrogazione SQL, viene valutata *True* se restituisco almeno una tupla

Nota: non c'è passaggio di parametri

Starbust

Possibili **azioni**:

- Comandi di manipolazione: INSERT, DELETE, UPDATE, SELECT
- Comandi di definizione: CREATE/DROP TABLE, CREATE/DROP VIEW, DROP RULE
- Comando transazionale di ROLLBACK

Clausole **PRECEDES/FOLLOWS**: vengono utilizzate per definire delle priorità relative fra le regole

Starbust

Esempio: due tabelle

Impiegati(Imp#,Stipendio,Dip#)

Dipartimenti(Dip#,Dirigente)

Vincolo: lo stipendio di un impiegato non può essere maggiore dello stipendio del direttore del dipartimento in cui lavora

Starbust

Esempio (continua):

CREATE RULE stipendio_troppo_alto **ON** Impiegati
WHEN inserted, updated(Stipendio), updated(Dip#)
IF SELECT *
FROM Impiegati E, Impiegati M, Dipartimenti D
WHERE E.Stipendio>M.Stipendio **AND** E.Dip#=D.Dip#
AND D.Dirigente = M.Imp#
THEN ROLLBACK;

Nota: dovrei definire una regola simile su Dipartimenti

Starbust

Transition table:

- insieme di tuple che sono state effettivamente inserite, cancellate, modificate
- dette anche *delta table*
- migliorano l’efficienza

Starbust

Starbust ammette le seguenti transition table:

- inserted
- deleted
- new-updated, old-updated

Le transition table sono usate nella valutazione della condizione e nell'azione

Starbust

Esempio: due tabelle

Impiegati(Imp#,Stipendio,Dip#)
Dipartimenti(Dip#,Dirigente)

Vincolo: lo stipendio di un impiegato non può essere aumentato più di 100

Starbust

Esempio (continua):

```
CREATE RULE aumento_troppo_alto ON Impiegati
WHEN updated(Stipendio)
IF EXISTS (SELECT *
        FROM old-updated ou, new-updated nu
        WHERE nu.Stipendio-ou.Stipendio>100)
THEN ROLLBACK;
```

Starbust

Esempio (continua): inserire nella relazione Ben_Pagato gli impiegati che guadagnano più di 3000

```
CREATE RULE ins_in_bp ON Impiegati
WHEN inserted
THEN INSERT INTO Ben_Pagato
        SELECT * FROM inserted
        WHERE Stipendio > 3000
FOLLOWS aumento_troppo_alto ;
```

Starbust

Esempio (continua): se lo stipendio medio degli impiegati inseriti eccede la media dello stipendio di tutti gli impiegati di almeno 1000, assegnare a tutti gli impiegati inseriti uno stipendio pari a 5000

```
CREATE RULE avg_ins ON Impiegati
WHEN inserted
IF (SELECT avg(Stipendio) FROM inserted) -
   (SELECT avg(Stipendio) FROM Impiegati) > 1000
THEN UPDATE Impiegati
SET Stipendio = 5000
WHERE Imp# IN (SELECT Imp# FROM inserted);
```

Starbust

Comandi per la gestione delle regole:

- CREATE
- DROP
- ALTER
- DEACTIVATE
- ACTIVATE

Starbust

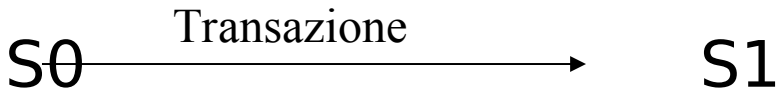
Esecuzione delle regole:

- le regole sono eseguite alla fine delle transazioni
- possibilità di richiedere esplicitamente l'attivazione del processo reattivo (*processing point*) con il comando PROCESS RULES
- la semantica si basa sulla nozione di *transizione di stato* e di *effetto netto*

Starbust

Definizione: Transizione di stato

Una *transizione di stato* è la trasformazione da uno stato ad un altro della base di dati prodotta dall'esecuzione di una sequenza di operazioni SQL di manipolazione dei dati



Starbust

Definizione: Effetto netto

L'*effetto netto* di una transizione di stato è costituito dall'insieme delle tuple inserite, da quello delle tuple cancellate e da quello delle tuple modificate

L'effetto netto è usato per calcolare le transition table e per stabilire quali regole sono attivate

Se ho la transizione:

Starbust

L’effetto netto sarà composto dai seguenti insiemi:

- tuple inserite stato in S1
- tuple cancellate stato in S0
- tuple modificate stato vecchio in S0, stato nuovo in S1, anche se la modifico più volte

Starbust

Osservazioni: t tupla

- inserisco t, modifico t: considero l'inserimento di t già modificata
- modifico t, cancello t: considero la cancellazione di t
- modifico t più volte: vecchio valore in S0, nuovo valore in S1
- inserisco t, cancello t: la tupla non è considerata nell'effetto netto

Starbust

Una regola viene attivata se una o più operazioni dei suoi eventi sono occorse nella transizione che determina il passaggio dallo stato all'inizio della transazione (S0) allo stato alla fine della transazione (S1)

Caso particolare: processing point

Le transition table sono calcolate analogamente

SQL:1999

Regola in SQL:1999 :

CREATE TRIGGER *Nome*
[**BEFORE** | **AFTER**] *Evento* **ON** *Relazione*
[**REFERENCING OLD** [**ROW**] [**AS**] *Variabile* |
NEW [**ROW**] [**AS**] *Variabile* |
OLD TABLE [**AS**] *Variabile* |
NEW TABLE [**AS**] *Variabile*]
[**FOR EACH ROW** | **FOR EACH STATEMENT**]
[**WHEN** *Condizione*]
[*Comando SQL* | **BEGIN ATOMIC** *Lista Comandi* **END**]

Nota: esiste anche il comando **DROP TRIGGER** *Nome*

Nota: più di un evento può attivare una regola

SQL:1999

Evento :

- possibili eventi: INSERT, DELETE, UPDATE, UPDATE OF Lista attributi
- è possibile specificare che il trigger sia attivato prima (*before*) o dopo (*after*) l'evento
- ***un solo*** evento può attivare una regola, quindi una sola operazione su una sola tabella

Condizione:

predicato SQL arbitrario (clausola WHERE)

SQL:1999

Azione :

- trigger *before*: definizione di dati, dichiarazione di un cursore ecc., ma ***non*** è possibile effettuare operazioni che modificano lo stato della base di dati
- trigger *after*: tutto quello che posso mettere in un trigger before più operazioni di manipolazione dei dati (INSERT, DELETE, UPDATE)

- due modalità di esecuzione: FOR EACH ROW e FOR EACH STATEMENT (che è il default!), nonostante ciò i trigger FOR EACH ROW sono piu' comuni

SQL:1999

Clausola REFERENCING :

- La clausola REFERENCING “implementa” le transtion table
- Il default è ROW
- **Problemi**:
  - Quali tuple sono visibili durante la valutazione della condizione e l’esecuzione dell’azione?
  - Posso usare la clausola REFERENCING OLD **ROW** AS Variable in un trigger FOR EACH **STATEMENT**?

SQL:1999

Quesito: Quali tuple sono visibili durante la valutazione della condizione e l'esecuzione dell'azione?

Risposta: dipende dall'evento che ha attivato il trigger e dal tipo di trigger before/after

- INSERT:
  - trigger *before*: le tuple inserite non sono visibili come parte della relazione, ma possono essere accedute usando la clausola REFERENCING NEW
  - trigger *after*: le tuple inserite sono visibili sia nella relazione che tramite la clausola REFERENCING (ovviamente NEW)

SQL:1999

- DELETE:
  - trigger *before*: le tuple cancellate sono visibili come parte della relazione, e possono essere accedute usando la clausola REFERENCING OLD
  - trigger *after*: le tuple cancellate non sono visibili come parte della relazione, ma possono essere accedute usando la clausola REFERENCING OLD

- UPDATE:
  - per tutti e due i tipi di trigger, i valori precedenti e correnti delle tuple possono essere acceduti usando la clausola REFERENCING OLD e NEW, rispettivamente)
  - se before l'effetto della modifica non è visibile nella relazione, mentre se di tipo after l'effetto della modifica è visibile nella relazione

SQL:1999

Quesito: Posso usare la clausola REFERENCING OLD **ROW** in un trigger FOR EACH **STATEMENT**?

Risposta:

	ODL ROW	NEW ROW	ODL TABLE	NEW TABLE
before statement	-	-	-	
before row	delete, update	insert, update	-	
after statement	-	-	delete, update	insert, update
after row	delete, update	insert, update	delete, update	insert, update

SQL:1999

Quando l'evento accade il trigger è attivato

Frase vaga che lascia spazio a diverse interpretazioni, ovvero diverse esecuzioni che portano a risultati diversi

L'esecuzione dipende dal tipo di trigger (before/after) e dalla priorità

In SQL:1999 associo delle **priorità** relative in base all'ordine di creazione: un trigger "vecchio" è eseguito prima di un trigger "giovane"

SQL:1999

Problema: come “interferiscono” i trigger con il controllo dei vincoli?

Esempio:

CREATE TRIGGER Trigger1 **AFTER UPDATE ON** Tabella1 …;
CREATE TRIGGER Trigger2 **BEFORE UPDATE ON** Tabella1 …;
CREATE TRIGGER Trigger3 **AFTER UPDATE ON** Tabella1 …;
ALTER TABLE Tabella1 **ADD CONSTRAINT** Vincolo1…;

SQL:1999

Esempio (continua): quale è l'effetto di eseguire UPDATE su Tabella1?

Le seguenti cose nel seguente ordine avvengono:

1. Trigger2 è attivato
2. Esecuzione dell'operazione di UPDATE su Tabella1
3. Controllo Vincolo1 (il controllo dei vincoli avviene alle fine dell'esecuzione del comando)
4. Trigger1 è attivato
5. Trigger3 è attivato (più giovane di Trigger1)

SQL:1999

Riassumendo valuto le seguenti cose nel seguente ordine:

1. *Before* trigger
2. Comando SQL in esame
3. Controllo vincoli
4. *After* trigger

SQL:1999

In ogni insieme di trigger:

- eseguo i trigger più “vecchi” prima dei più “giovani”
- lo standard non fornisce indicazioni per ordine fra i trigger FOR EACH STATEMENT e ROW

Nota: i trigger fanno parte della stessa transazione di cui fa parte il comando che ha attivato il trigger

SQL:1999

Tabella riassuntiva

Modello dei dati	Relazionale ad oggetti
Eventi primitivi	Operazioni sulla base di dati
Eventi compositi	No
Eventi parametrici	No
Passaggio di parametri	No
Condizioni su stati passati	Sì
Net effect	No
Modalità di accoppiamento	Immediata
Costrutto a cui associo il trigger	Relazione

SQL:1999

Esempio 1: voglio tenere traccia in una tabella Imp_Cancellati degli impiegati cancellati dalla tabella Impiegati

```
CREATE TRIGGER Cancella_Imp
AFTER DELETE ON Impiegati
    REFERENCING OLD ROW AS Old
FOR EACH ROW
    INSERT INTO Imp_Cancellati
        VALUES (Old.Imp#);
```

SQL:1999

Esempio 2:

- supponiamo che la tabella Impiegati abbia due colonne aggiuntive che memorizzano il numero di telefono di casa (Num_casa) e il numero di telefono dell'ufficio (Num_ufficio), si vuole che il numero di casa sia uguale, di default, a quello dell'ufficio

- non è possibile gestire una situazione di questo tipo con il vincolo DEFAULT perché DEFAULT *Nome colonna* non è un vincolo legale

SQL:1999

Esempio 2 (continua):

```
CREATE TRIGGER Default_ Num_casa
AFTER INSERT ON Impiegati
      REFERENCING NEW ROW AS New
FOR EACH ROW
      SET New. Num_casa=
      COALESCE(New.Num_casa, New.Num_ufficio);
```

Dove: **COALESCE**(valore1,valore2) =

```
      CASE WHEN valore1 IS NOT NULL THEN valore1
      ELSE valore2
```

SQL:1999

Esempio 3: supponiamo che la tabella Dipartimenti abbia un attributo Budget e che il budget di un dipartimento non può essere modificato dopo le 5 pm

CREATE TRIGGER Update_Dipartimenti
AFTER UPDATE ON Dipartimenti
WHEN (**CURRENT_TIME**>**TIME** ’17:00:00:00’)
  SELECT MAX(Budget)/0 **FROM** Dipartimenti;

N.B. il default è FOR EACH STATEMENT

SQL:1999

Esempio 3 (continua):

Problema: I comandi SQL

UPDATE Dipartimenti **SET** Budget = v1, Dirigente = v3;

UPDATE Dipartimenti **SET** Budget = **NULL**;

potrebbero non attivare il trigger

SQL:1999

Esempio 4: la prima volta che viene eletto Bob, le tasse vengono diminuite dell'1%, inoltre, ogni modifica delle tasse influenza il debito nazionale e diminuisce la popolarità di Bob

```
CREATE TRIGGER Update_Primi_Ministri
AFTER UPDATE OF Nome ON Primi_Ministri
    REFERENCING OLD ROW AS Old, NEW ROW AS New
FOR EACH ROW
WHEN (New.Nome='Bob' AND New.Nome<>Old.Nome)
    UPDATE Contribuenti SET Tasse=Tasse * 0.99;
```

SQL:1999

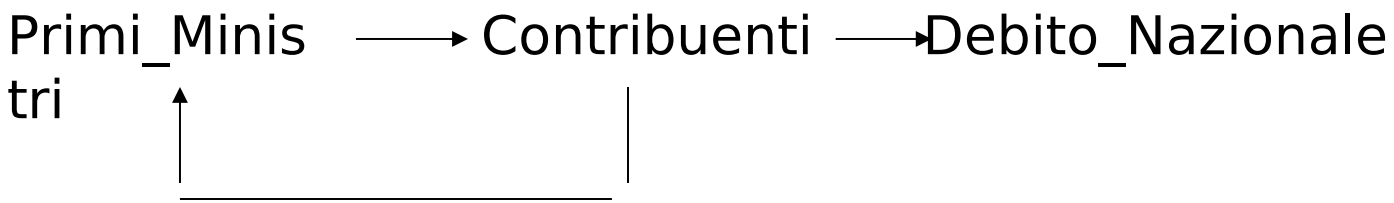
Esempio 4 (continua):

```
CREATE TRIGGER Update_Contribuenti
AFTER UPDATE OF Tasse ON Contribuenti
REFERENCING OLD ROW AS Old, NEW ROW AS New
FOR EACH ROW
BEGIN ATOMIC
    UPDATE Debito_Nazionale
            SET Quantità = Quantità+(Old.Tasse-New.Tasse);
    UPDATE Primi_Ministri
            SET Popolarità = Popolarità – 0.01
END;
```

SQL:1999

Esempio 4 (continua):

Problema: i trigger sembrerebbero attivarsi a vicenda dando vita ad un processo reattivo infinito



Il ciclo è solo apparente perché gli UPDATE su Primi_Ministri sono su colonne diverse

SQL:1999

Trigger e vincoli

I trigger sono più *flessibili* dei trigger, infatti permettono di stabilire come reagire ad una violazione di vincolo

La flessibilità è sempre un vantaggio? Non sempre

A volte definire dei vincoli è più vantaggioso:

- migliore ottimizzazione
- Meno errori di programmazione
- I vincoli sono parte dello standard da lungo tempo i trigger no