

2. PL/SQL - Concepte generale

Cuprins

2.1. Ce este <i>PL/SQL</i> ?	2
2.2. Legătura cu <i>SQL</i>	2
2.3. Caracteristicile limbajului <i>PL/SQL</i>	2
2.4. Motorul <i>PL/SQL</i>	4
2.5. Evoluție	5
2.6. Comparatie cu alte limbaje	9
2.7. Diagrama bazei de date utilizată în exemple	9
2.8. De ce este utilizat <i>PL/SQL</i> ?	10
Bibliografie	14

2.1. Ce este *PL/SQL*?

- Este un limbaj de programare procedural creat de compania *Oracle*.
- Asigură accesarea datelor unei baze de date și permite gruparea unei mulțimi de comenzi într-un bloc unic de tratare a datelor.
- Poate fi utilizat doar cu o bază de date *Oracle* sau cu un utilitar *Oracle*.
- Limbaje echivalente dezvoltate de alți producători: *T-SQL (Microsoft SQL Server)*, *PL/pgSQL (PostgreSQL)*, *SQL PL (IBM Db2)*, comenzi procedurale *MySQL (Oracle)*

2.2. Legătura cu *SQL*

- *SQL (Structured Query Language)*
 - Este un limbaj non-procedural, denumit și limbaj declarativ, care permite programatorilor să se axeze preponderent pe input/output și mai puțin pe pașii programului.
 - Este un limbaj *4GL (fourth-generation-programming language)*, un limbaj care este mai apropiat de limbajul natural, decât de limbajul de programare.
 - A fost standardizat de *American National Standards Institute (ANSI)*.
- *PL/SQL (Procedural Language/Structured Query Language)*
 - Reprezintă **extensia procedurală** a limbajului *SQL*.
 - Include atât instrucțiuni *SQL* pentru prelucrarea datelor și pentru gestiunea tranzacțiilor, cât și instrucțiuni proprii.
 - Este un limbaj *3GL (third-generation programming language)*.
- Clasificarea limbajelor
 - *1GL* – limbaje mașină, care pot fi interpretat de un procesor; sunt foarte rapide fiind o colecție de biți interpretați direct de calculator.
 - *2GL* – limbaje de asamblare, care sunt convertibile de un *assembler* în limbaj mașină.
 - *3GL* – limbaje de nivel înalt, care sunt convertibile în limbaj mașină de un compilator (de exemplu, *Basic*, *Fortran*, *Pascal*, *C/C++*, *C#*, *Java*, *Python*, *PL/SQL*, *T-SQL*, *PL/pgSQL*, *SQL PL*).
 - *4GL* – limbaje care sunt mai apropiate de limbajul natural decât de limbajul de programare; cele mai multe astfel de limbaje sunt utilizate pentru a accesa baza de date (de exemplu, *SQL*).
 - *5GL* – limbaje care utilizează interfețe grafice sau vizuale de dezvoltare pentru a crea un limbaj sursă care de obicei este compilat utilizând un compilator *3GL* sau *4GL* (de exemplu, *Microsoft*, *Borland*, *IBM* au limbaje vizuale pentru a dezvolta aplicații în *Java*); limbaje utilizate pentru IA sau rețele neuronale.

2.3. Caracteristicile limbajului *PL/SQL*

- Este integrat cu *server-ul Oracle* și cu utilitarele *Oracle*.
- Este puternic integrat cu *SQL*:
 - permite utilizarea tuturor comenzilor *SQL* de prelucrare a datelor, de control al tranzacțiilor, a funcțiilor *SQL*, a operatorilor și pseudo-coloanelor;
 - suportă tipurile de date *SQL*;
 - permite atât *SQL Static* (textul complet al comenzii este cunoscut la momentul compilării), cât și *SQL Dinamic* (textul complet al comenzii este cunoscut la *run time*);
 - permite procesarea setului de rezultate al unei cereri *SQL* linie cu linie.
- Extinde *SQL* prin construcții specifice limbajelor procedurale:
 - definirea constantelor și a variabilelor;
 - declararea tipurilor;
 - definirea și utilizarea cursorilor;
 - utilizarea structurilor de control;
 - definirea procedurilor și funcțiilor;
 - modularizarea programelor (subprograme, pachete);
 - detectarea și gestiunea erorilor de execuție și a situațiilor excepționale;
 - introducerea tipurilor obiect și a metodelor etc.
- Permite definirea și utilizarea declanșatorilor.
- Asigură securitatea informației.
- Mărește performanța aplicației:
 - permite înglobarea mai multor instrucțiuni într-un singur bloc și trimiterea acestuia către baza de date, reducând-se astfel traficul dintre aplicație și bază.
- Are suport pentru dezvoltarea aplicațiilor *Web*.
 - Aplicațiile *Web* scrise în *PL/SQL* sunt proceduri stocate care interacționează cu un *browser Web* printr-un protocol *HTTP*.
 - Pentru a facilita dezvoltarea aplicațiilor *Web* sistemul furnizează o serie de pachete predefinite (de exemplu, pachetul *UTL_SMTP* poate fi utilizat pentru a trimite un *mail* dintr-o procedură stocată *PL/SQL*)
 - Pachetele pot fi folosite împreună cu *Oracle Internet Application Server* și *WebDB*.
 - *PL/SQL Server Pages (PSPs)* permite dezvoltarea paginilor *Web* cu conținut dinamic:

- scripturile *PL/SQL* pot fi integrate în codul sursă *HTML*;
 - scripturile rulează atunci când un *client Web* solicită o pagină;
 - un script poate accepta parametrii, interoga sau actualiza baza de date și afișa rezultatele într-o pagină personalizată.
- Este portabil
 - Programele *PL/SQL* pot rula pe orice suport pe care există un *server Oracle*.
 - Nu depinde de platformă sau de sistemul de operare.
 - Se pot crea programe, pachete sau librării portabile care pot fi utilizate cu bazele de date *Oracle* în medii diferite.

2.4. Motorul *PL/SQL*

- Compilează și execută codul *PL/SQL*.
- Se află pe *server-ul Oracle* sau în unele utilitare *Oracle* (de exemplu, *Oracle Forms*).
 - Unele utilitare *Oracle* au propriul motor *PL/SQL*. Acesta este independent față de motorul *PL/SQL* de pe *server-ul Oracle*. Utilitarul transmite blocurile către motorul *PL/SQL* local care execută toate comenzile procedurale.
- Indiferent de mediu, motorul *PL/SQL* execută comenzile procedurale, dar trimite comenzile *SQL* către motorul *SQL* de pe *server-ul Oracle*.
 - Dacă nu ar fi incluse în blocuri *PL/SQL* comenzile *SQL* ar fi procesate separat, fiecare implicând câte un apel la *server-ul Oracle*.
- Comenzile procedurale pot fi executate pe stația *client* fără interacțiune cu *server-ul Oracle* sau în întregime pe *server-ul Oracle*.
 - Dacă utilitarul *Oracle* are motor *PL/SQL*, iar blocul *PL/SQL* nu conține comenzi *SQL*, atunci acesta este procesat local.



- ❖ Un subprogram *PL/SQL* stocat este un obiect al bazei de date și poate fi accesat de orice aplicație.
- ❖ Apelurile procedurilor care sunt stocate pe *server* sunt trimise pentru procesare motorului *PL/SQL* de pe *server*.
- ❖ Subprogramele *PL/SQL* (proceduri, funcții) declarate într-o aplicație *Developer Suite* (de exemplu, *Oracle Forms*) sunt diferite de cele stocate în baza de date. Acestea sunt procesate local.



1. Unde se află motorul *SQL*?
2. Unde se află motorul *PL/SQL*?
3. Se poate scrie cod *PL/SQL* folosind *SQL*Plus* sau *SQL Developer*?
4. Utilitarul *SQL*Plus* are motor *PL/SQL*? Dar utilitarul *SQL Developer*?
5. Comenzile *PL/SQL* pot fi incluse în cod *SQL*? Dar invers?
6. *SQL* transmite *server*-ului de baze de date ce să facă (declarativ), nu cum să facă. (adevărat/fals)
7. *PL/SQL* transmite *server*-ului de baze de date cum să facă (procedural). (adevărat/fals)

2.5. Evoluție

În 1977 Larry Ellison împreună cu câțiva prieteni înființează compania *Software Development Laboratories*.

În 1979 numele companiei este schimbat în *Relational Software, Inc*. Primul produs lansat de această companie a fost o bază de date relațională denumită *Oracle*. Deși era prima versiune, din motive de marketing a fost denumită *Oracle V2*. Pentru accesul la date era utilizat *SQL* și nu permitea tranzacții. În acel an *Relational Software, Inc* era singura companie care producea o bază de date compatibilă cu *SQL*.

În 1982 numele companiei a fost schimbat în *Oracle Corporation*. Limbajul ales pentru baza de date a fost modelat pe *ADA*, un limbaj de programare orientat obiect de nivel înalt care este extins din *Pascal*. *Oracle* a denumit acest limbaj *PL/SQL*. Fiind descendent al limbajelor *ADA* și *Pascal*, *PL/SQL* este un limbaj bazat pe structură de blocuri.

- *Oracle V3* (1983)
 - funcționalitățile *commit* și *rollback* pentru tranzacții
- *Oracle V4* (1984)
 - consistență la citire
- *Oracle V5* (1985)
 - arhitectura *client-server*
 - suport pentru cererile distribuite
- *Oracle V6* (1988) – prima versiune *Oracle* care suportă *PL/SQL*
 - limbaj limitat, bazat pe *script*-uri, nu pe proceduri stocate
 - gestiunea erorilor primitivă
 - *SQL* complet integrat
 - blocare la nivel de linie

- *Oracle V7 (1992)*
 - proceduri stocate
 - integritate referențială
 - *trigger*-i
 - tablourile *PL/SQL*
 - pachetul *UTL_FILE* pentru a putea accesa fișierele sistemului de operare
 - pachetul *DBMS_SQL* pentru *SQL* dinamic
 - *Oracle Advanced Queuing*
 - *Oracle Enterprise Manager*
 - distribuire
- *Oracle V8 (1997)*
 - orientarea obiect (tipuri obiect și metode)
 - rutine externe
 - suport pentru cereri stea
 - tipul *LOB*
 - tipuri colecție (vectori și tablouri imbricate)
 - aplicații multimedia
 - capacitatea de a realiza apeluri *HTTP* din baza de date
- *Oracle V8i (1999)* – devine bază de date comercială
 - *drop column*
 - partiționare și subpartiționare
 - *XML*
 - *WebDB*
 - funcții analitice în *SQL*
 - indexare *online*
 - tranzații autonome
 - rutine externe *Java*
 - *SQL* dinamic nativ
 - operații *bulk bind*
 - *trigger*-i bază de date
 - îmbunătățire a performanței *SQL* și *PL/SQL*
 - baza de date încorporează *Java Virtual Machine* (*Oracle JVM* cunoscut și sub numele de *Aurora*)

- *Oracle V9i* (2001)
 - tabele externe
 - compilare nativă (*PL/SQL* la *C*)
 - *Oracle Streams*
 - *XML DB*
 - îmbunătățiri la nivel de *data warehouse* și *BI*
 - extindere și îmbunătățiri pentru *SQL analitic*
 - comenzi și expresii *CASE*
 - tipuri noi de date în *SQL* și *PL/SQL* (*DATETIME*, *TIMESTAMP*, colecții pe mai multe niveluri)
 - ierarhii de tipuri și subtipuri
 - funcții tabel și expresii *CURSOR*
 - claselor *Java* în baza de date
 - *Real Application Cluster*
- *Oracle V10g* (2003)
 - *recyclebin* (recuperare obiecte șterse)
 - permanentizări asincrone
 - criptarea transparentă a datelor (criptare automată la nivel de coloană)
 - îmbunătățire *SQL analitic*
 - *SQL Tuning Advisor*
 - îmbunătățire *OLAP*
 - *SQL Model Clause*
 - proceduri stocate *.Net*
- *Oracle V11g* (2007)
 - *automated SQL tuning*
- *Oracle V12c* (2013)
 - *multitenant architecture*
 - *in-memory database*
 - suport pentru documente de tip *JSON*
- *Oracle V18c* (2018)
 - funcționalități *Autonomous Data Warehouse*
 - *Active Directory Integration*
 - *Online Merging of Partitions and Subpartitions*
- *Oracle V19c* (2019)
 - sintaxă simplificată pentru *JSON*

- *automatic indexing* – sunt utilizate funcționalități *machine learning* pentru a automatiza operațiile de crearea, ajustare și eliminare a indecșilor
- *Active Data Guard DML Redirection* – redirectarea transparentă a comenzilor *LMD* de la o bază de date *standby* la o bază de date *primary* => facilități *high availability and disaster recovery*
- *Hybrid Partitioned Table* – flexibilitate sporită asupra gestiunii hibride a volumelor mari de date stocate în structuri interne și externe => permite combinarea performanțelor stocării interne cu scalabilitatea soluțiilor de stocare externă
- *Real-Time Statistics Maintenance*
- *Automatic SQL Plan Management*
- *Automated PDB Relocation*
- *Oracle V21c (2020)*
 - *Blockchain tables* – permite încorporarea tehnologiei *blockchain* în baza de date
 - *Database In-Memory Automation*
 - îmbunătățiri la nivel de performanță și funcționalitate a procesării datelor de tip *JSON*
 - *Automatic Materialized Views*
- *Oracle V23ai (2024)*
 - *JSON-Relational Unification*
 - *Graph-Relational Unification*
 - *JavaScript Stored Procedures*
 - *Transactional Microservices*
 - *Combine AI Vector Search with business data*
 - *Accelerates AI Vector Search using new vector indexes*



- ❖ Procedurile *PL/SQL* se execută mai rapid prin compilarea lor într-un cod nativ.
 - Procedurile sunt translatate în cod *C*, compilate cu ajutorul unui compilator *C* și apoi sunt preluate automat de procese *Oracle*.
 - Această tehnică, care nu cere restaurarea bazei de date, poate fi utilizată pentru proceduri și pachete *Oracle*.
- ❖ *Oracle* furnizează soluții (interfețe *client-side* și *server-side*, utilitare, *JVM* integrată cu *server-ul Oracle*) dezvoltatorilor de aplicații pentru crearea, gestionarea și exploatarea aplicațiilor *Java*.

- ❖ Procedurile *Java* stocate pot fi apelate dintr-un pachet *PL/SQL*, iar proceduri *PL/SQL* existente pot fi invocate din proceduri *Java*. Datele *SQL* pot fi accesate prin două interfețe (*API*): *JDBC* și *SQLJ*. Astfel:
 - pentru a invoca o procedură *Java* din *SQL* este nevoie de interfața *Java Stored Procedures*,
 - pentru a invoca dinamic comenzi *SQL* complexe este folosit *JDBC*,
 - pentru a utiliza comenzi *SQL* statice, simple (referitoare la o tabelă ale cărei coloane sunt cunoscute) dintr-un obiect *Java* este folosit *SQLJ*.

2.6. Comparație cu alte limbaje

	PL/SQL	C	JAVA
Necesită BD sau utilitar Oracle	da	nu	nu
Orientat obiect	câteva caracteristici	nu	da
Performanță asupra BD Oracle	foarte eficient	mai puțin eficient	mai puțin eficient
Portabil pe diferite SO	da	oarecum	da
Ușor de învățat	relativ ușor	mai dificil	mai dificil

2.7. Diagrama bazei de date utilizată în exemple

- Gestiunea activității unei companii comerciale

Vezi diagrame curs

- Schema simplificată

- Entități

DEPOZITE(id_depozit#, denumire, adresa, oras, judet, orar, capacitate, valoare, id_director, id_tara)

SECTOARE(id_sector#, descriere, id_depozit)

ZONE (id_zona#, descriere, capacitate_maxima, capacitate_folosita, id_sector)

PRODUSE (id_produș#, denumire, descriere, stoc_curent, stoc_impus, pret_unitar, greutate, volum, tva, id_zona, id_um, id_categorie, data_crearii, data_modificarii, activ)

CARACTERISTICI (#id_caracteristica, denumire, descriere)

UNITATI_MASURA(id_um#, denumire, descriere)

CATEGORII (id_categorie#, denumire, nivel, id_parinte)

FACTURI(id_factura#, data, status, id_casa, id_client, id_adresa_livrare, id_adresa_facturare, id_tip_livrare, id_tip_plata, interval_livrare)

CASE(id_casa#, nume, serie, parola)

TIP_LIVRARE(id_tip_livrare#, denumire, tarif, id_firma_t)

ADRESE(id_adresa#, strada, oras, tara, cod_postal, id_client)

TIP_PLATA(id_tip_plata#, cod, descriere)

CLIENTI(id_client#, telefon, email, tip, oras, data_crearii, data_modificarii)

- Subentități

PERSOANE_FIZICE(id_client_f#, nume, prenume, cnp)

PERSOANE_JURIDICE(id_client_j#, denumire, persoana_contact, cui, cont, banca, cod_fiscal, numar_inregistrare)

- Tabele asociative

CLIENTI_AU_PRET_PREFERENTIAL(id_pret_pref#, id_categorie, id_client_j, discount, data_in, data_sf)

PRODUSE_AU_CARACTERISTICI (id_produs#, id_caracteristica#, valoare)

FACTURI_CONTIN_PRODUSE (id_factura#, id_produs#, cantitate, pret_facturare)

2.8. De ce este utilizat *PL/SQL*?

- În practică există numeroase situații în care *SQL* se dovedește a fi limitat.
- Exemplu – **vezi explicații curs**
 - Clienții companiei pot avea prețuri personalizate în funcție de anumite criterii. Comenzile se realizează *online*, clienții consultând cataloage cu prețuri personalizate.
 - În cazul în care prețul personalizat se calculează raportat la categoriile de produse este nevoie de o clasificare a clienților în funcție de categorie și de numărul de produse cumpărate din categoria respectivă.
 - Tabela *CLASIFIC_CLIENTI* (id_client, id_categorie, nr_produce, clasificare) conține deja o clasificare a clienților.
 - Se decide o nouă clasificare a acestora conform tabelului de mai jos.

id_categorie	clasificare	număr produse cumpărate
1	A	> 1000
	B	≥ 500
	C	≥ 0
2	A	> 2000
	B	≥ 1000
	C	≥ 200
	D	≥ 0

- Soluție *SQL* posibilă

Varianta1

```
UPDATE clasific_clienti
SET     clasificare = 'A'
WHERE   nr_produce > 1000
AND     id_categorie = 1;
```

```
UPDATE clasific_clienti
SET     clasificare = 'B'
WHERE   nr_produce BETWEEN 500 AND 1000
AND     id_categorie = 1;
```

...

1. Câte comenzi *UPDATE* sunt necesare pentru datele din tabelul anterior?
2. Este eficientă o astfel de abordare?
3. Există alte metode de abordare utilizând *SQL*?

Varianta2

```
UPDATE clasific_clienti
SET     clasificare = CASE WHEN nr_produce > 1000
                           THEN 'A'
                           WHEN nr_produce BETWEEN 500
                           AND 1000 THEN 'B'
                           ELSE 'C' END
WHERE   id_categorie = 1;
...
```

Varianta3

```
UPDATE clasific_clienti
SET     clasificare =
        CASE WHEN nr_produce > 1000
              AND id_categorie = 1 THEN 'A'
              WHEN nr_produce >= 500
              AND id_categorie = 1 THEN 'B'
              WHEN nr_produce >= 0
```

```

        AND id_categorie = 1 THEN 'C'
    WHEN nr_produce > 2000
        AND id_categorie = 2 THEN 'A'
    WHEN nr_produce >= 1000
        AND id_categorie = 2 THEN 'B'
    WHEN nr_produce >= 200
        AND id_categorie = 2 THEN 'C'
    ELSE 'D' END;

```

4. Ce se întâmplă atunci când există mai multe categorii de produse și mai multe niveluri de clasificare pentru fiecare categorie?

- Soluție *PL/SQL* posibilă

Varianta1

```

DECLARE
    CURSOR info IS
        SELECT id_client, id_categorie, nr_produce
        FROM clasific_clienti;

    v_clasific clasific_clienti.clasificare%type;
BEGIN
    FOR i IN info LOOP
        CASE WHEN i.nr_produce > 1000
            AND i.id_categorie = 1
            THEN v_clasific := 'A';
        WHEN i.nr_produce >= 500
            AND i.id_categorie = 1
            THEN v_clasific := 'B';
        WHEN i.nr_produce >= 0
            AND i.id_categorie = 1
            THEN v_clasific := 'C';
        WHEN i.nr_produce > 2000
            AND i.id_categorie = 2
            THEN v_clasific := 'A';
        WHEN i.nr_produce >= 1000
            AND i.id_categorie = 2
            THEN v_clasific := 'B';
        WHEN i.nr_produce >= 200
            AND i.id_categorie = 2
            THEN v_clasific := 'C';
        ELSE v_clasific := 'D';
        END CASE;

        UPDATE clasific_clienti
        SET clasificare = v_clasific
        WHERE id_client = i.id_client
        AND id_categorie = i.id_categorie;
    END LOOP;
END;
/

```

1. De câte ori se execută comanda *UPDATE*?
2. Este eficientă o astfel de abordare?
3. Cât timp este blocată resursa?
4. Ar fi utilă o cheie primară artificială?

Varianta2

```
DECLARE
    CURSOR info IS
        SELECT id_client, id_categorie, nr_produce
        FROM    clasific_clienti
        FOR UPDATE;

    v_clasific clasific_clienti.clasificare%type;
BEGIN
    FOR i IN info LOOP
        CASE WHEN i.nr_produce>1000
            AND i.id_categorie=1
            THEN v_clasific := 'A';
        WHEN i.nr_produce >= 500
            AND i.id_categorie = 1
            THEN v_clasific := 'B';
        WHEN i.nr_produce >= 0
            AND i.id_categorie=1
            THEN v_clasific := 'C';
        WHEN i.nr_produce>2000
            AND i.id_categorie=2
            THEN v_clasific := 'A';
        WHEN i.nr_produce >= 1000
            AND i.id_categorie = 2
            THEN v_clasific := 'B';
        WHEN i.nr_produce >= 200
            AND i.id_categorie=2
            THEN v_clasific := 'C';
        ELSE v_clasific := 'D';
        END CASE;

        UPDATE clasific_clienti
        SET    clasificare = v_clasific
        WHERE  CURRENT OF info;
    END LOOP;
END;
```

5. Este mai eficientă această abordare? Cât timp este blocată resursa?
6. Există și alte metode de rezolvare a problemei?
7. Numărul de produse cumpărate de client trebuie să fie în permanență actualizat și să corespundă situației prezente. Se poate realiza *realtime* acest lucru cu *SQL*?

Bibliografie

1. Connolly T.M., Begg C.E., *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation and Management*, 5th edition, Pearson Education, 2005
2. Dollinger R., Andron L., *Baze de date și gestiunea tranzacțiilor*, Editura Albastră, Cluj-Napoca, 2004
3. Oracle and/or its affiliates, *Oracle Database Concepts*, 1993, 2024
4. Oracle and/or its affiliates, *Oracle Database Performance Tuning Guide*, 2013, 2024
5. Oracle and/or its affiliates, *Oracle Database SQL Language Reference*, 1996, 2024
6. Oracle and/or its affiliates, *Oracle Database PL/SQL Language Reference*, 1996, 2024
7. Oracle and/or its affiliates, *Oracle Database Administrator's Guide*, 2001, 2023
8. Oracle University, *Oracle Database: PL/SQL Fundamentals, Student Guide*, 2009, 2024
9. Popescu I., Alecu A., Velcescu L., Florea (Mihai) G., *Programare avansată în Oracle9i*, Ed. Tehnică, 2004
10. *Oracle Database*, Wikipedia, 2024
http://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_Database