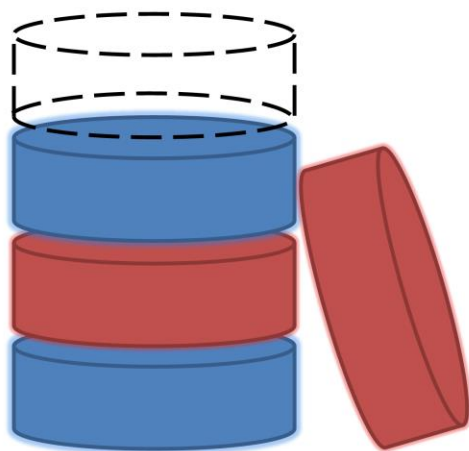
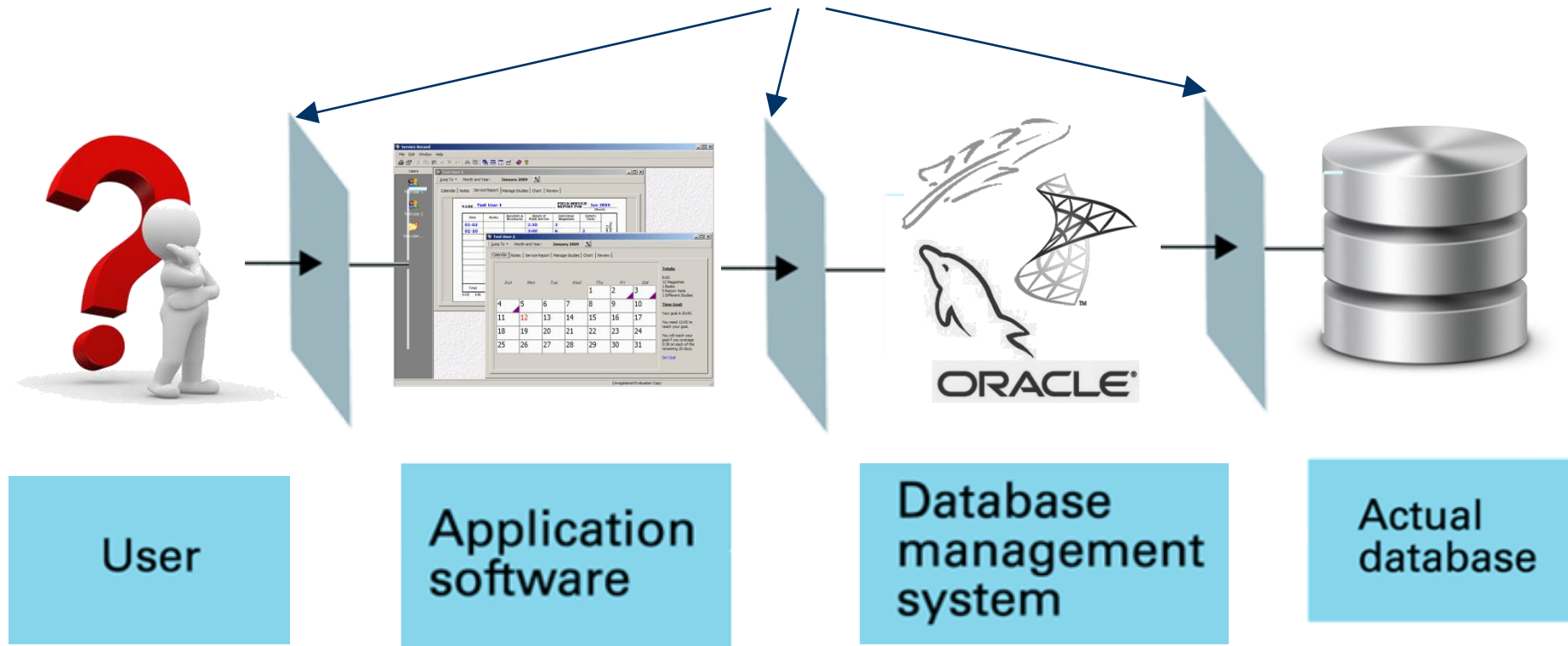


# Structura fizică a bazelor de date



# Nivelele de abstractizare

Nivele diferite  
de abstractizare



**STUDENT**

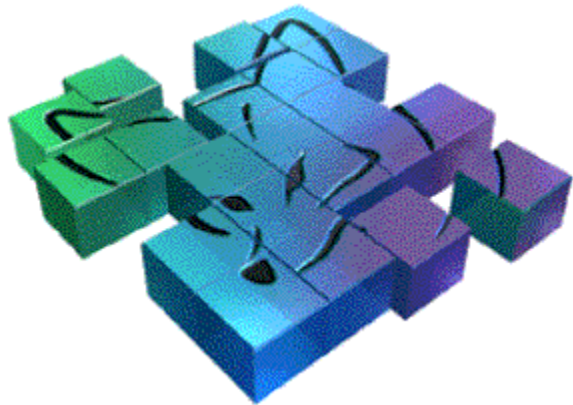
Name

Date of birth

Sex

CNP

Group



# Structura fizică

Faculty.dbc

42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

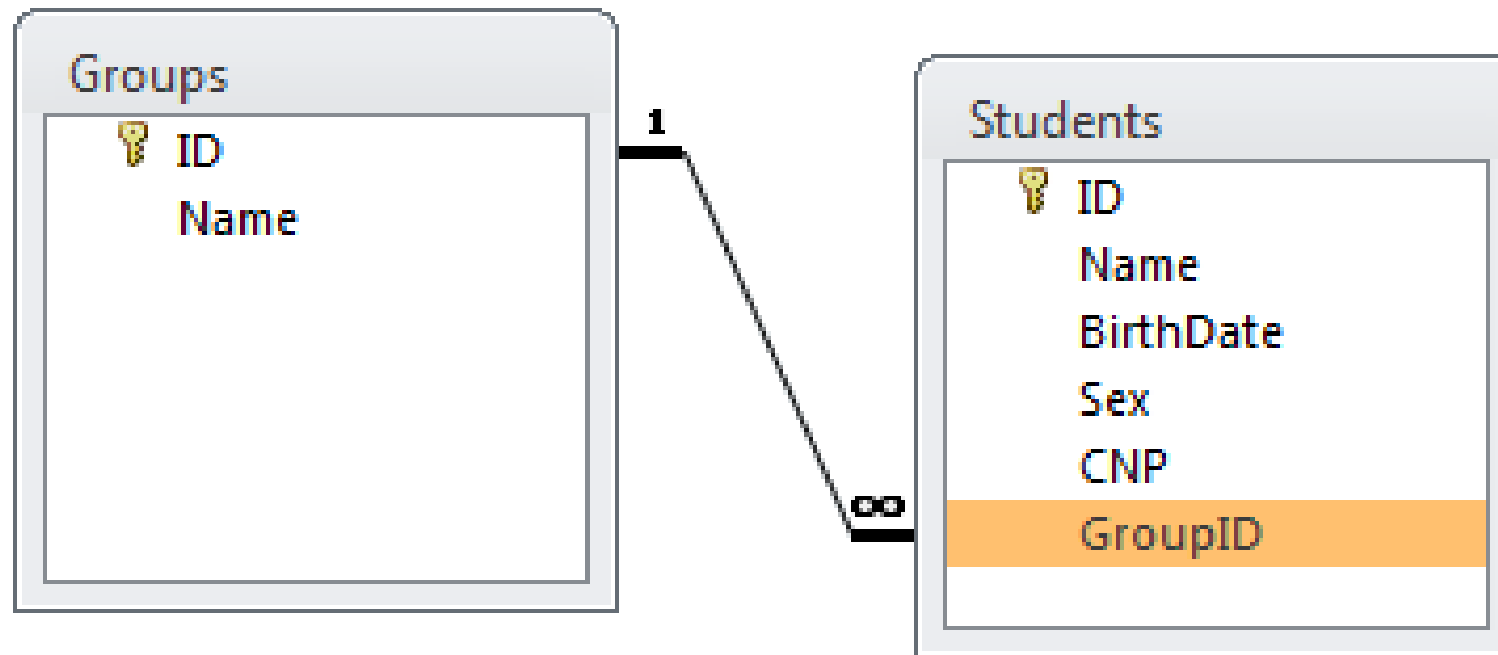
Students.dbf

20	20	20	31	56	31	2e	30
38	31	39	32	44	65	66	61
61	67	65	20	53	65	74	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	00	ff	01	00	7c	80	00
45	41	44	45	52	34	0f	53
4e	55	4d	42	45	52	14	34
34	21	0a	20	20	20	20	20
42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

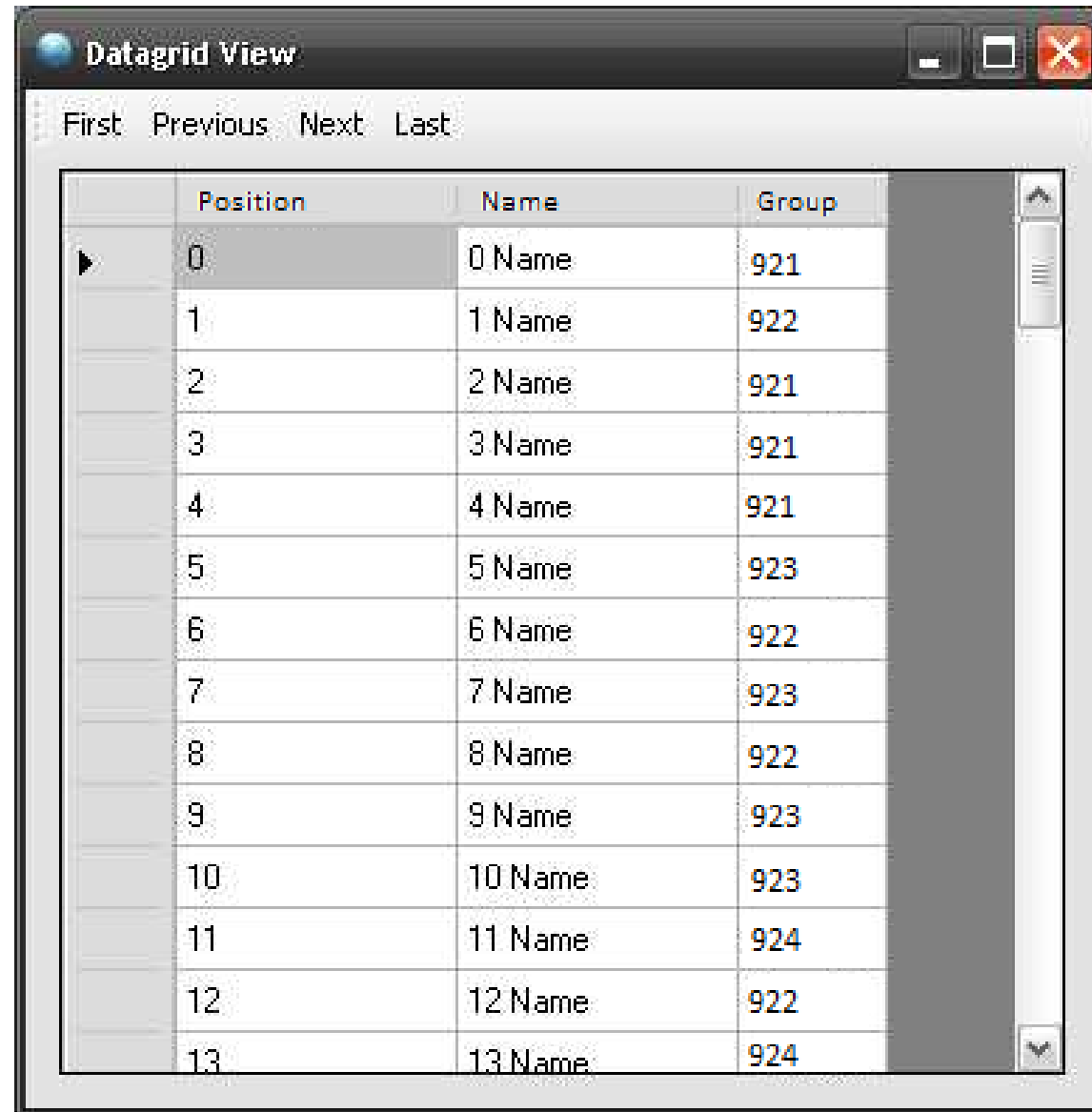
Groups.dbf

20	20	20	31	56	31	2e	30
38	31	39	32	44	65	66	61
61	67	65	20	53	65	74	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	00	ff	01	00	7c	80	00
45	41	44	45	52	34	0f	53
4e	55	4d	42	45	52	14	34
34	21	0a	20	20	20	20	20
42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

# Structura conceptuală



# Vizualizare pentru utilizator



The screenshot shows a window titled "Datagrid View" with a standard Windows-style title bar. Below the title bar, there are navigation buttons: "First", "Previous", "Next", and "Last". The main content is a table with the following data:

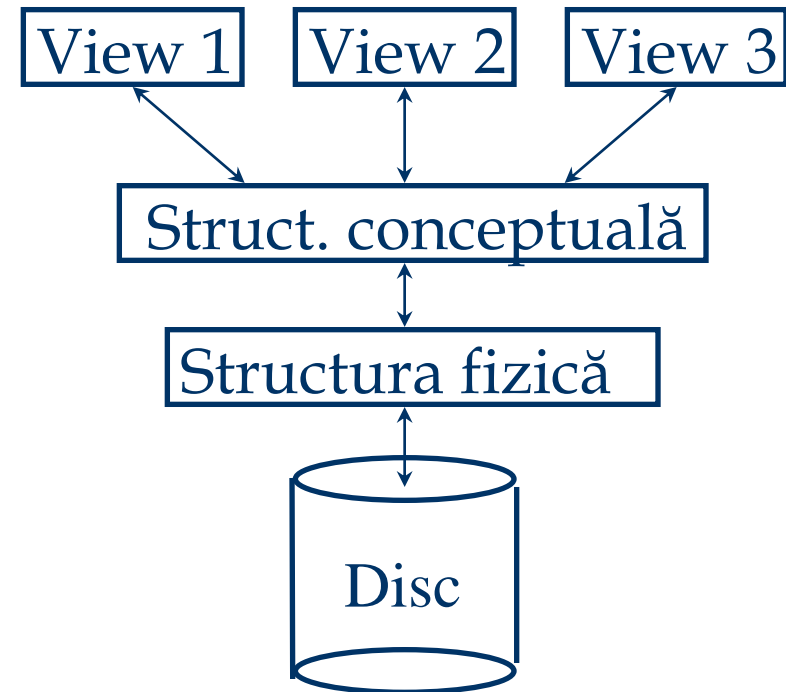
	Position	Name	Group
▶	0	0 Name	921
	1	1 Name	922
	2	2 Name	921
	3	3 Name	921
	4	4 Name	921
	5	5 Name	923
	6	6 Name	922
	7	7 Name	923
	8	8 Name	922
	9	9 Name	923
	10	10 Name	923
	11	11 Name	924
	12	12 Name	922
	13	13 Name	924

The table has a vertical scrollbar on the right side, and the first row (index 0) is currently selected, indicated by a black triangle in the first column.

# Nivelele de abstractizare

■ Mai multe structuri externe (views), câte o singură structură conceptuală (logică) și o structură fizică (internă).

- *Views* – cum văd utilizatorii datele.
- *Conceptual* - modelul logic compus din relații, atribute, etc
- *Fizic* - fișierele de date și indecși

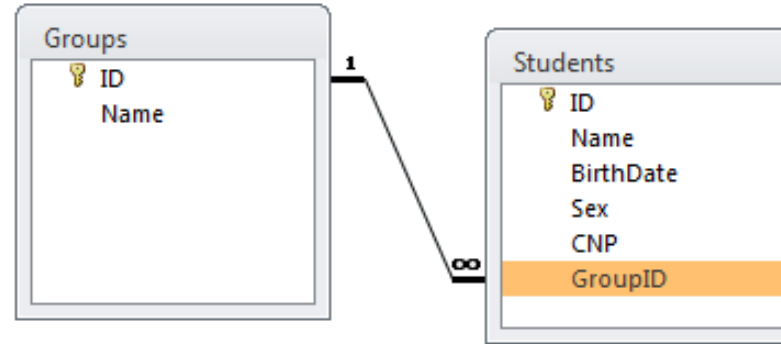


# Independența fizică a datelor

Datagrid View

First Previous Next Last

Position	Name	Group
0	0 Name	921
1	1 Name	922
2	2 Name	921
3	3 Name	921
4	4 Name	921
5	5 Name	923
6	6 Name	922
7	7 Name	923
8	8 Name	922
9	9 Name	923
10	10 Name	923
11	11 Name	924
12	12 Name	922
13	13 Name	924



Faculty.dbc

42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

Students.dbf

20	20	20	31	56	31	2e	30
38	31	39	32	44	65	66	61
61	67	65	20	53	65	74	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	00	ff	01	00	7c	80	00
45	41	44	45	52	34	0f	53
4e	55	4d	42	45	52	14	34
34	21	0a	20	20	20	20	20
42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

Groups.dbf

20	20	20	31	56	31	2e	30
38	31	39	32	44	65	66	61
61	67	65	20	53	65	74	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	00	ff	01	00	7c	80	00
45	41	44	45	52	34	0f	53
4e	55	4d	42	45	52	14	34
34	21	0a	20	20	20	20	20
42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

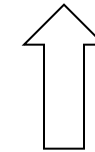
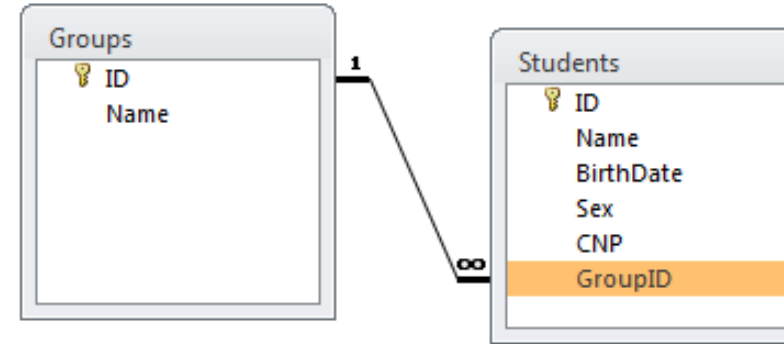
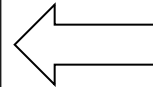


# Independența fizică a datelor

Datagrid View

First Previous Next Last

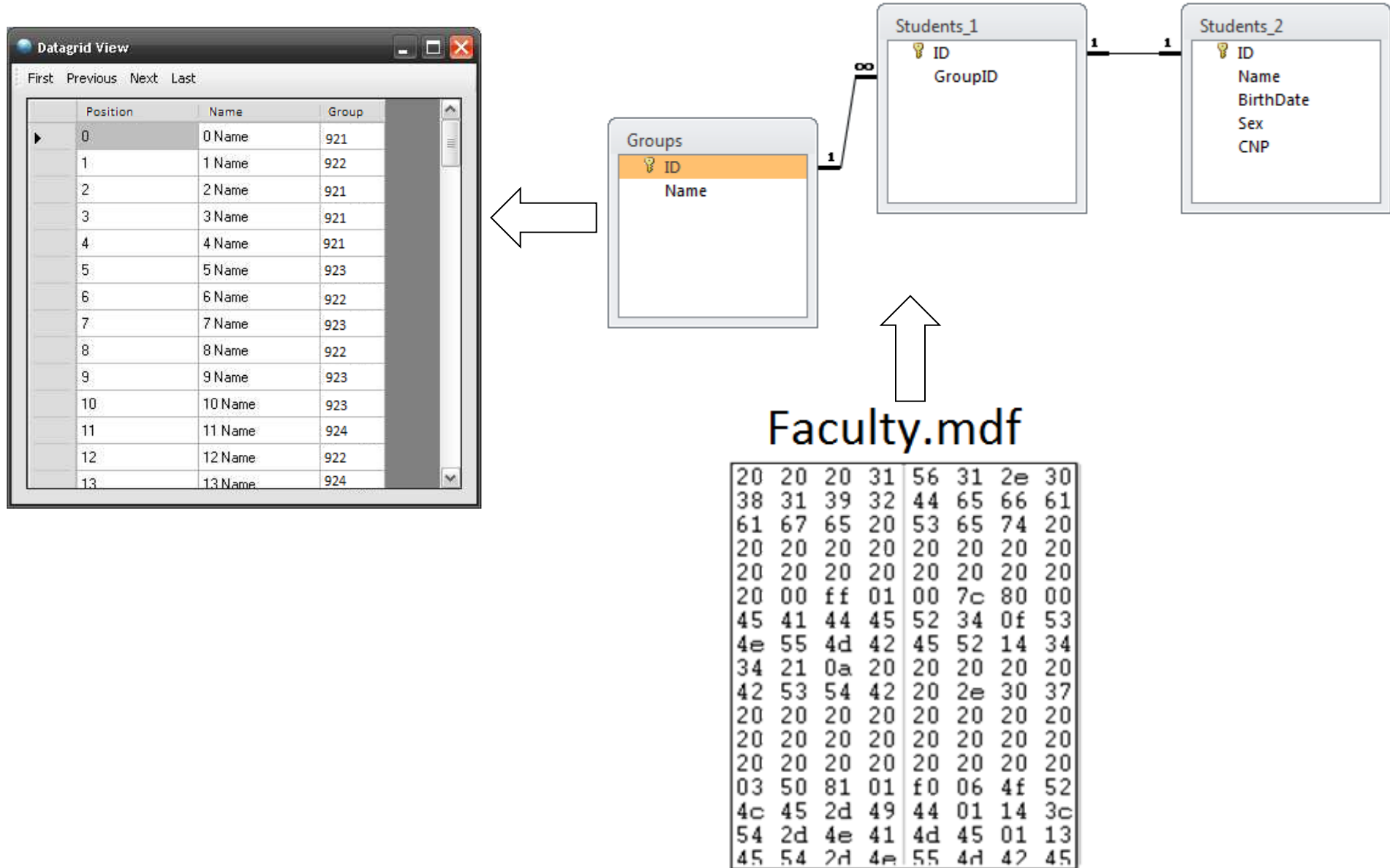
Position	Name	Group
0	0 Name	921
1	1 Name	922
2	2 Name	921
3	3 Name	921
4	4 Name	921
5	5 Name	923
6	6 Name	922
7	7 Name	923
8	8 Name	922
9	9 Name	923
10	10 Name	923
11	11 Name	924
12	12 Name	922
13	13 Name	924



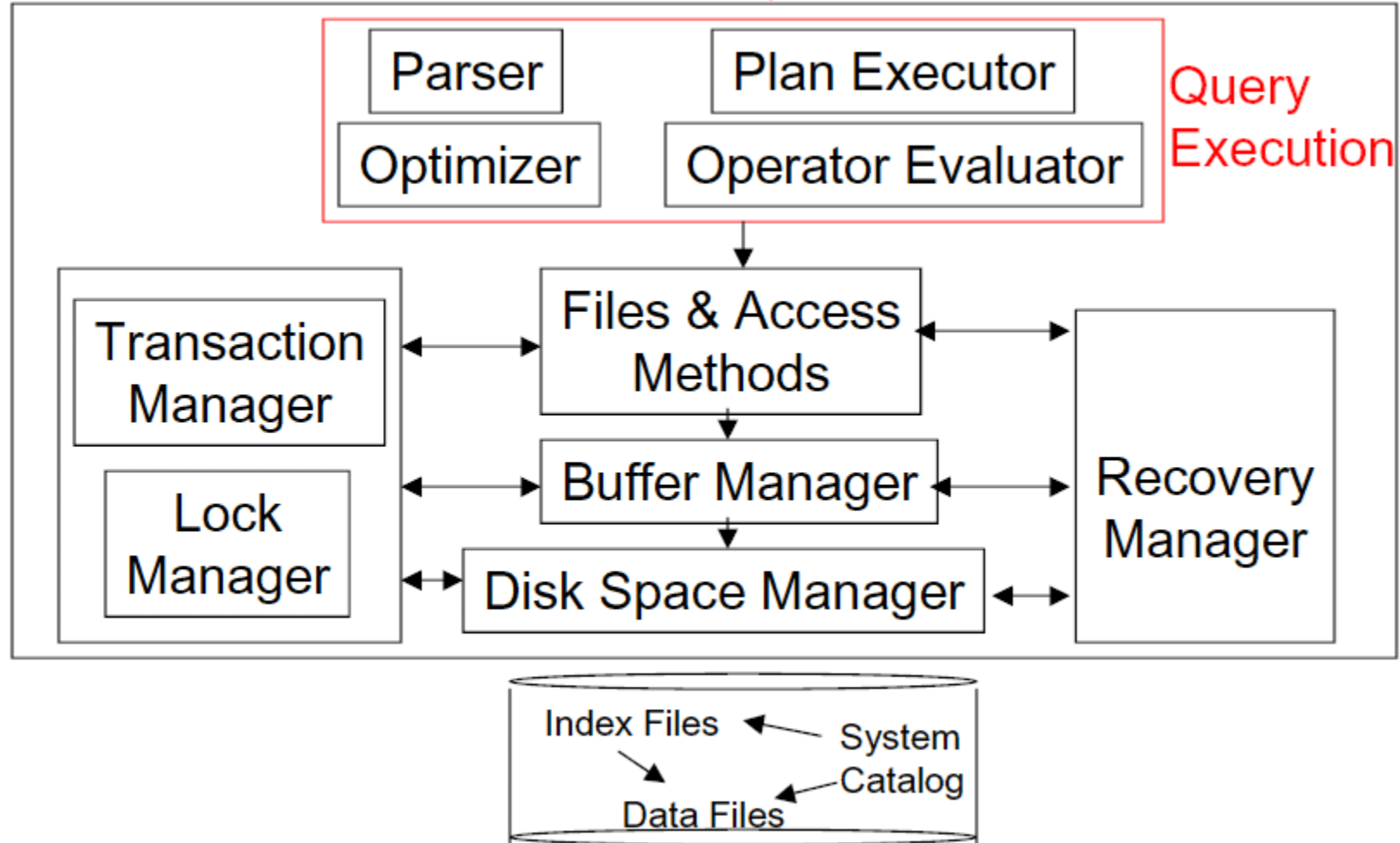
Faculty.mdf

20	20	20	31	56	31	2e	30
38	31	39	32	44	65	66	61
61	67	65	20	53	65	74	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	00	ff	01	00	7c	80	00
45	41	44	45	52	34	0f	53
4e	55	4d	42	45	52	14	34
34	21	0a	20	20	20	20	20
42	53	54	42	20	2e	30	37
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20
03	50	81	01	f0	06	4f	52
4c	45	2d	49	44	01	14	3c
54	2d	4e	41	4d	45	01	13
45	54	2d	4e	55	4d	42	45

# Independența logică a datelor



# Structura unui SGBD



# Structura fizică a fișierelor BD

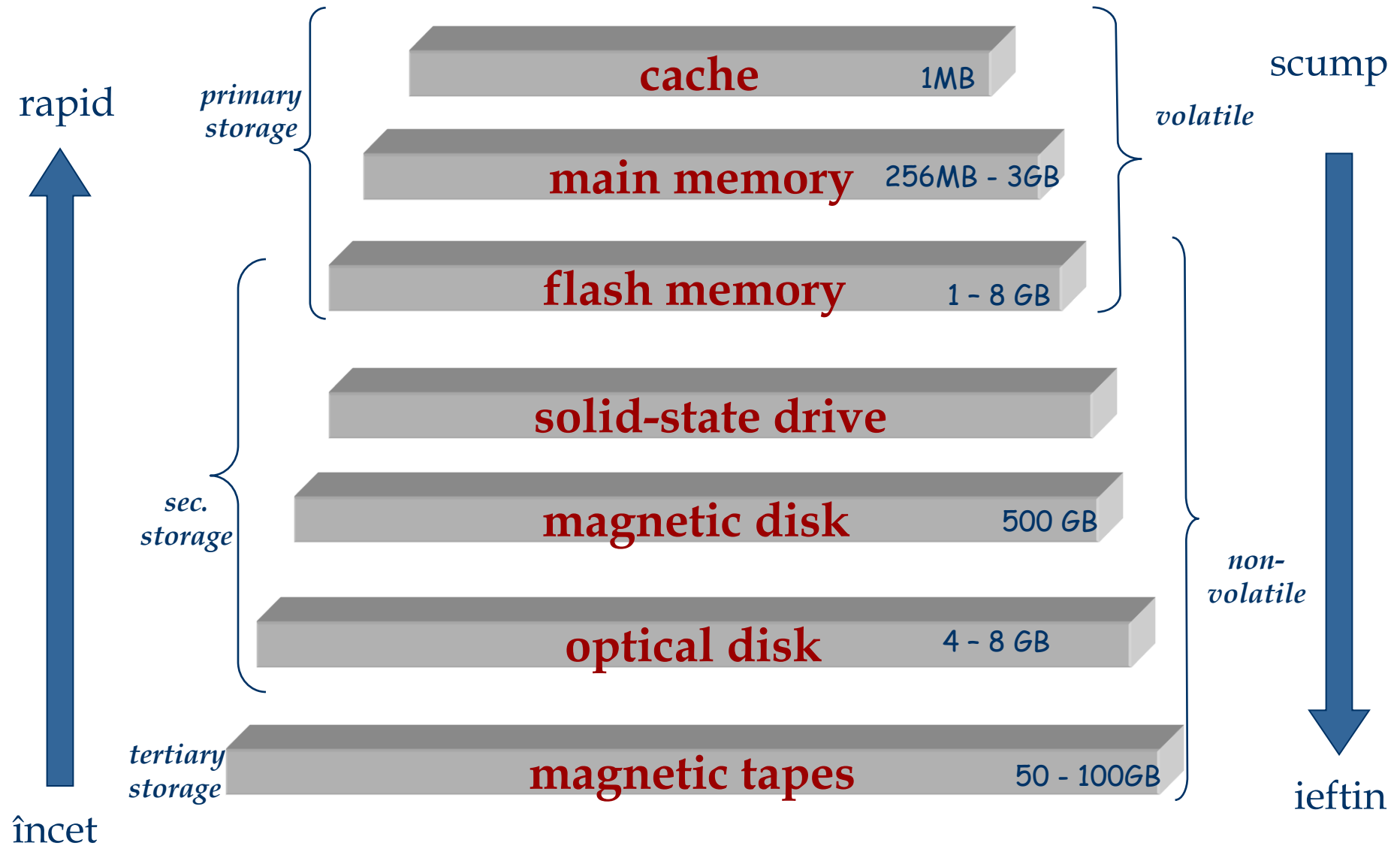
- SGBD-urile stochează informația pe disc magnetic
- Acest lucru are implicații majore în proiectarea unui SGBD!
  - **READ**: transfer date de pe disc în memoria internă
  - **WRITE**: transfer date din memoria internă pe disc

Ambele operații sunt costisitoare, comparativ cu operațiile *in-memory*, deci trebuie planificate corespunzător!

# De ce nu stocăm totul în memoria internă?

- Răspuns (tipic):
  - Costă prea mult
  - Memoria internă este volatilă (datele trebuie să fie persistente)
- Procedură tipică (“ierarhie de stocare”)
  - RAM – pentru datele utiliz. curent (*primary storage*)
  - *Hard-disks* – pentru baza de date (*secondary storage*)
  - Bandă – pentru arhivarea versiunilor anterioare ale datelor (*tertiary storage*)

# Ierarhia mediilor de stocare

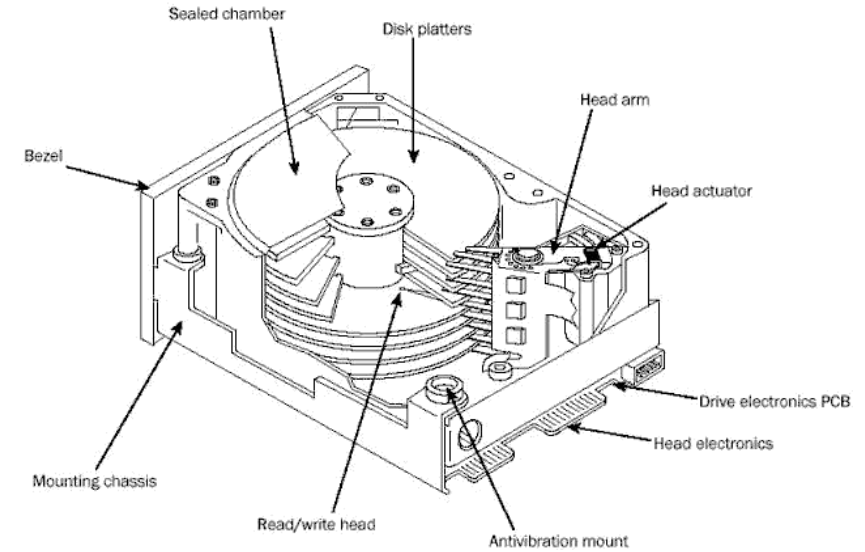


# Legea lui Moore

- Gordon Moore: *“Integrated circuits are improving in many ways, following an exponential curve that doubles every 18 months”*
    - Viteza procesoarelor
    - Numărul de biți de pe un chip
    - Numărul de octeți (*bytes*) pe un hard disk
  - Parametrii ce NU urmează legea lui Moore:
    - Viteza de accesare a datelor în memoria internă
    - Viteza de rotație a discului
- ⇒ Latența devine progresiv mai mare
- Timpul de transfer între nivelele ierarhiei mediilor de stocare este tot mai mare în comparație cu timpul de calcul

# Discuri magnetice

- Utilizat ca mediu de stocare secundar
- Avantaj major asupra benzilor: *acces direct*
- Datele sunt stocate și citite în unități numite **blocuri** sau **pagini**.
- Spre deosebire de memoria internă, timpul de transfer blocurilor/paginilor variază în funcție de poziția acestora pe disc.

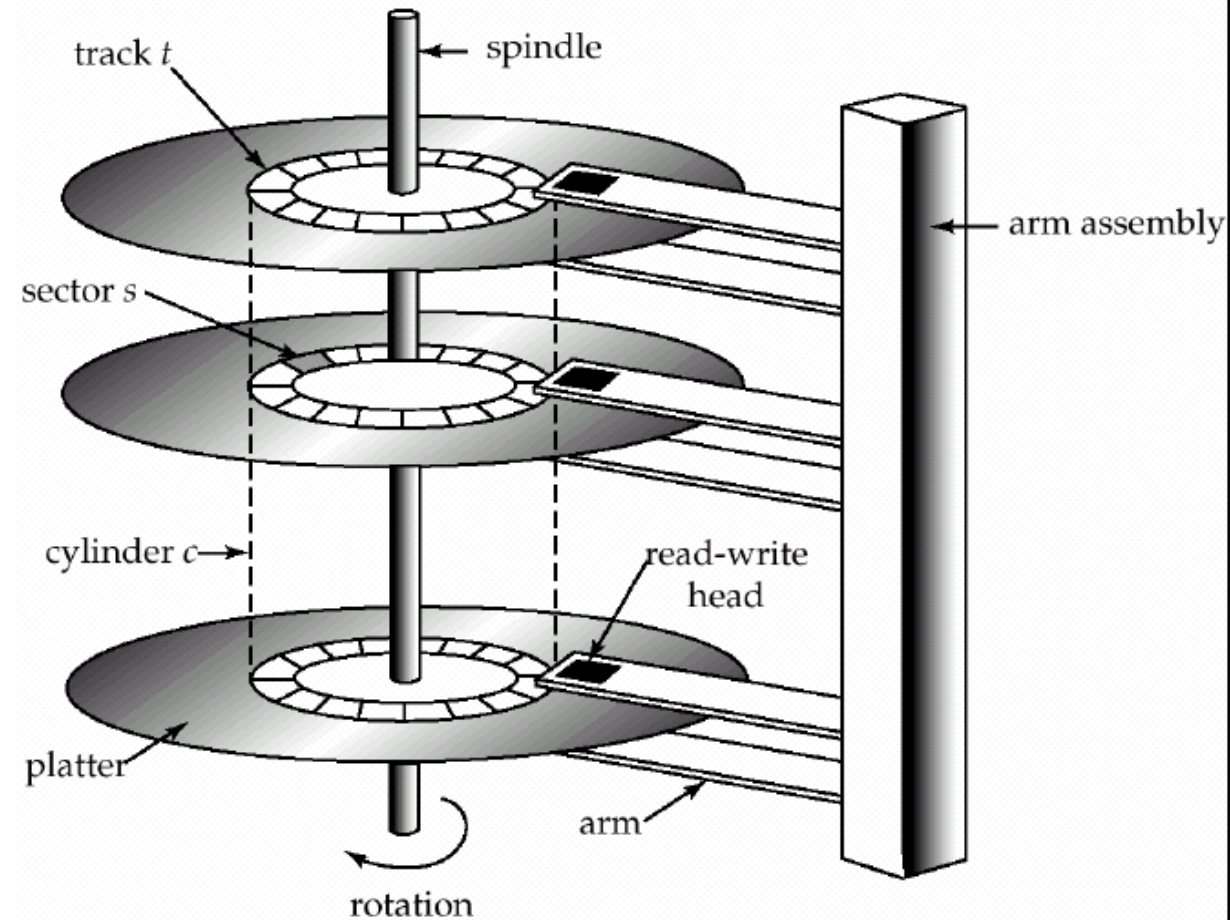


! Poziția relativă a paginilor pe disc  
are un impact major asupra performanței unui SGBD!



# Componentele unui disc dur (*hard disk*)

- Rotația platanelor (90rps)
- Ansamblu de brațe ce se deplasează pentru poziționarea capului magnetic pe pista dorită. Pistele aflate la aceeași distanță de centrul platanelor formează un **cilindru** (imaginar!).
- Un singur cap citește/ scrie la un moment dat.
- Un **bloc** e un multiplu de **sectoare** (care e fix).



# Accesarea unei pagini (bloc)

- Timp de acces (citire/scriere) a unui bloc:
  - seek time* (mutare braț pentru poziționarea capului de citire/scriere pe pistă)
  - rotational delay* (timp poziționare bloc sub cap)
  - transfer time* (transfer date de pe/pe disc)
- *Seek time* și *rotational delay* domină.
  - *Seek time* variază între 1 și 20msec
  - *Rotational delay* variază între 0 și 10msec
  - *Transfer rate* e de aproximativ 1msec pe 4KB (pagină)
- Reducerea costului I/O: *reducere seek/rotational delays!*
- Soluții *hardware* sau *software*?

# Aranjarea paginilor/blocurilor pe disc

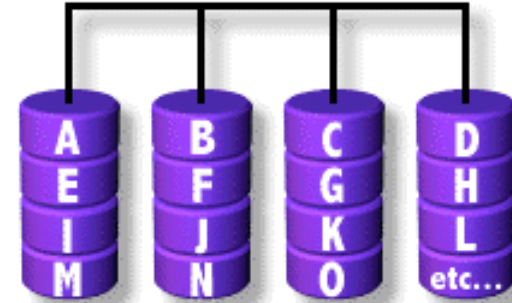
- Conceptul de *next block*:
  - blocuri pe aceeași pistă, urmate de
  - blocuri pe același cilindru, urmate de
  - blocuri pe cilindri adiacenți
- Blocurile dintr-un fișier trebuie dispuse secvențial pe disc (*'next'*), pentru a minimiza *seek delay* și *rotational delay*.
- În cazul unei **scanări secvențiale**, citirea de pagini în avans (*pre-fetching*) este esențială!

# RAID

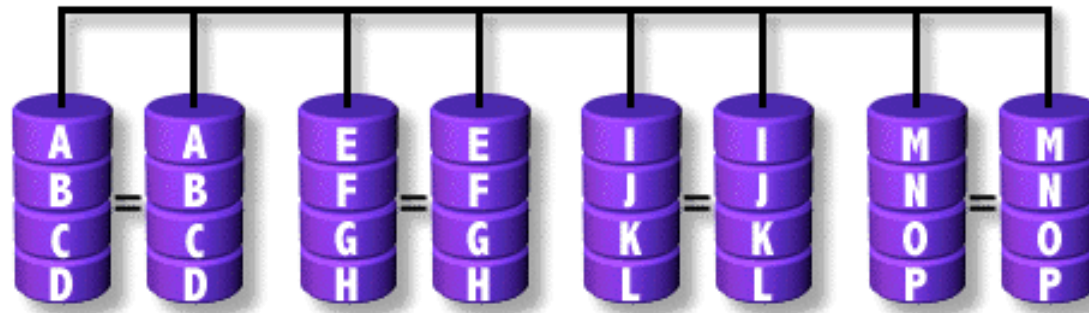
- *Disk Array*: configurație de discuri magnetice ce abstractizează un singur disc.
  - mult mai puțin costisitor; se utilizează mai multe discuri de capacitate mică și ieftine în locul unui disc de capacitate ridicată
- Scop: Creșterea performanței și fiabilității.
- Tehnici:
  - Data striping*: distribuirea datelor pe mai multe discuri (în partiții prestabilite - *striping unit*)
  - Mirroring*: stocarea automată a unei copii a datelor pe alte discuri → redundanță. Permite reconstruirea datelor în cazul unor defecte ale discurilor.

# Nivele RAID

- Nivel 0: Fără redundanță

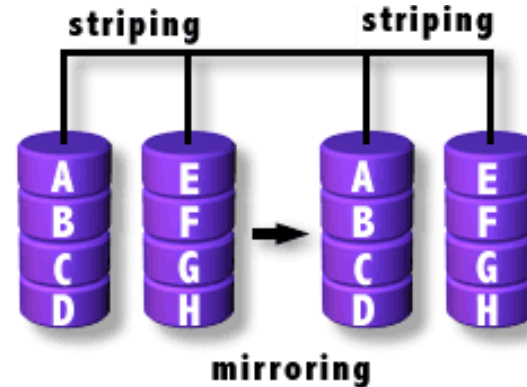


- Nivel 1: Discuri oglindite (*mirrored*)
  - Fiecare disc are o “oglină” (*check disk*)
  - Citiri paralele, o scriere implică două discuri.
  - Rata maximă de transfer = rata de transfer a unui disc

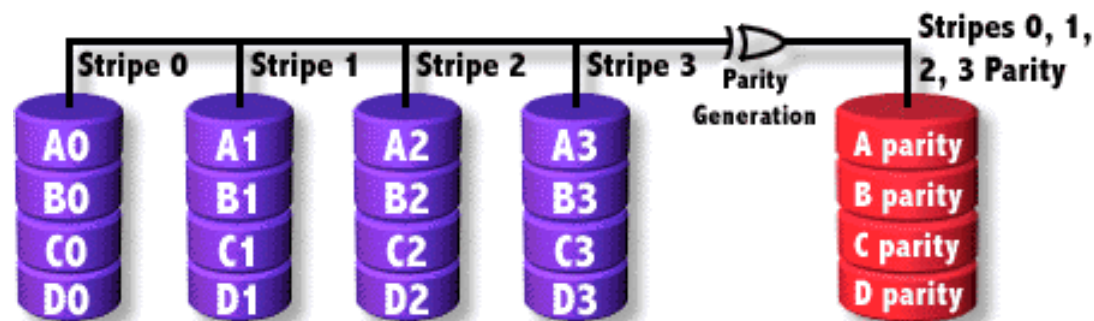


# Nivele RAID

- Nivel 0+1:  
Întrețesut și oglindit

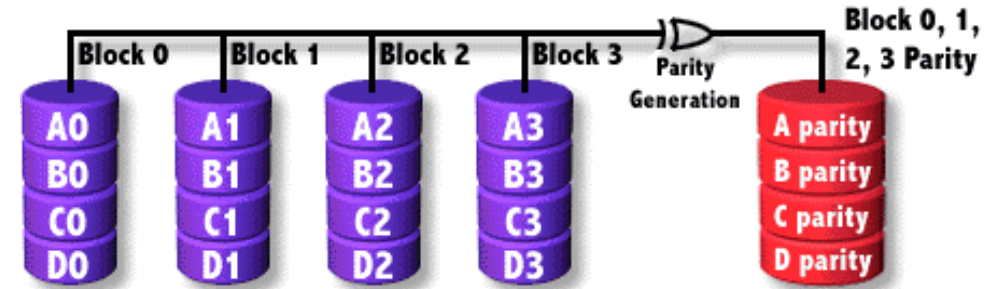


- Nivel 3: Bit de paritate intercalat
  - *Striping Unit*: un bit. un singur disc de verificare
  - Fiecare citire și scriere implică toate discurile

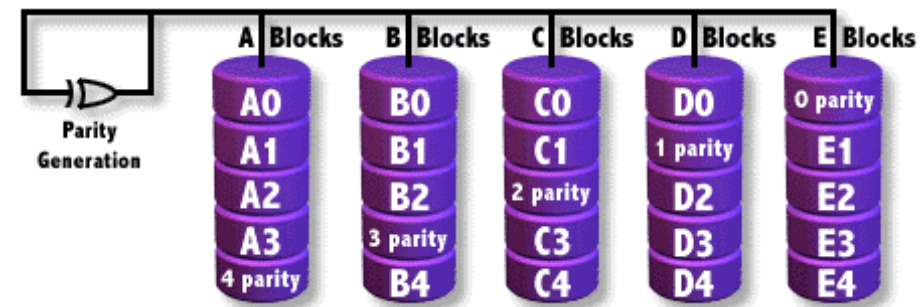


# Nivele RAID

- Nivel 4: Block de paritate
  - *Striping unit*: un bloc. un singur disc de verificare.
  - Citiri în paralel pentru cereri de dimensiune mică
  - Scrierile implică blocul modificat și discul de verificare



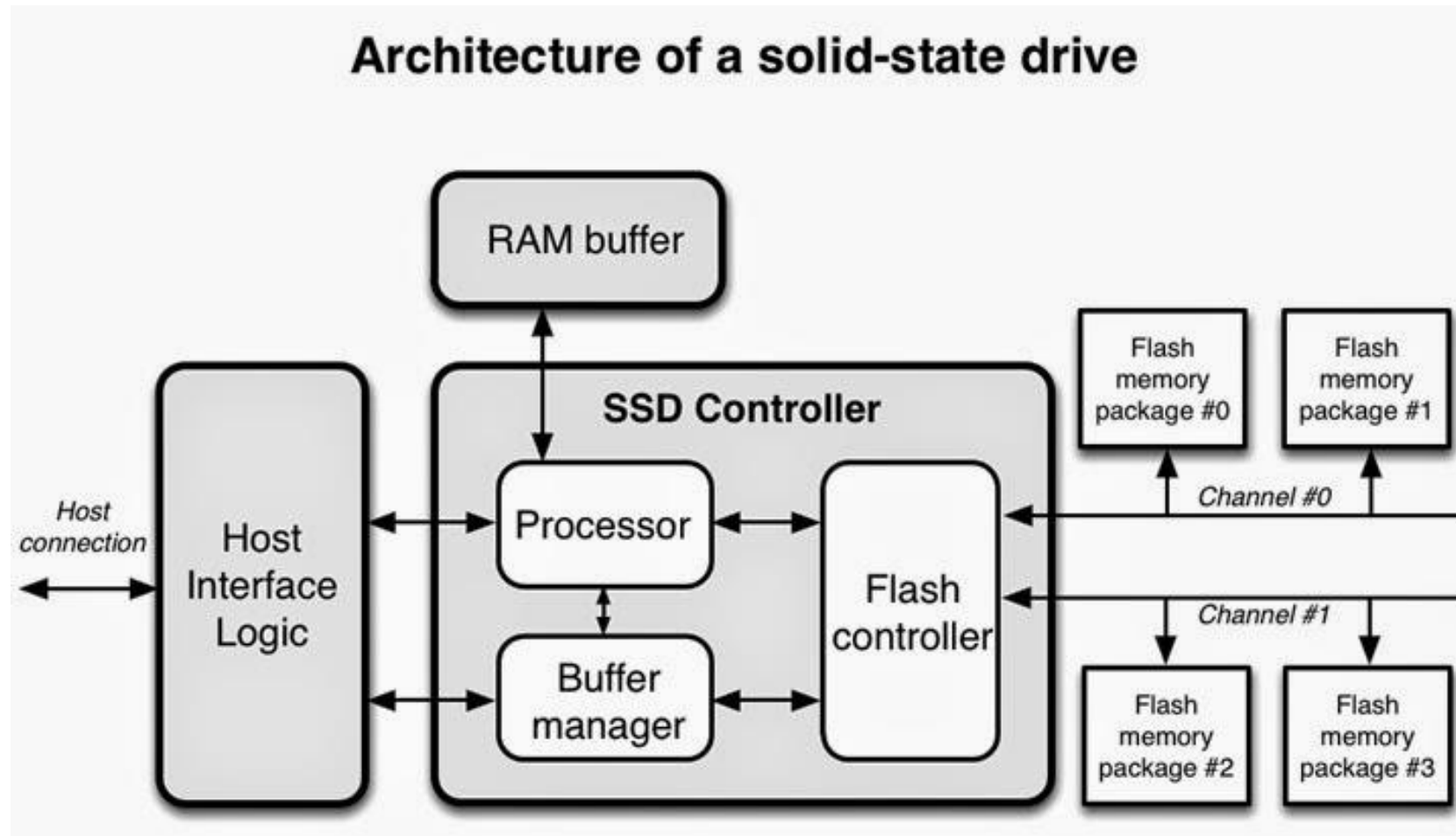
- Nivel 5: Bloc de paritate distribuit
  - Similar cu RAID 4, dar blocurile de paritate sunt distribuite pe toate discurile





# Solid State Drive

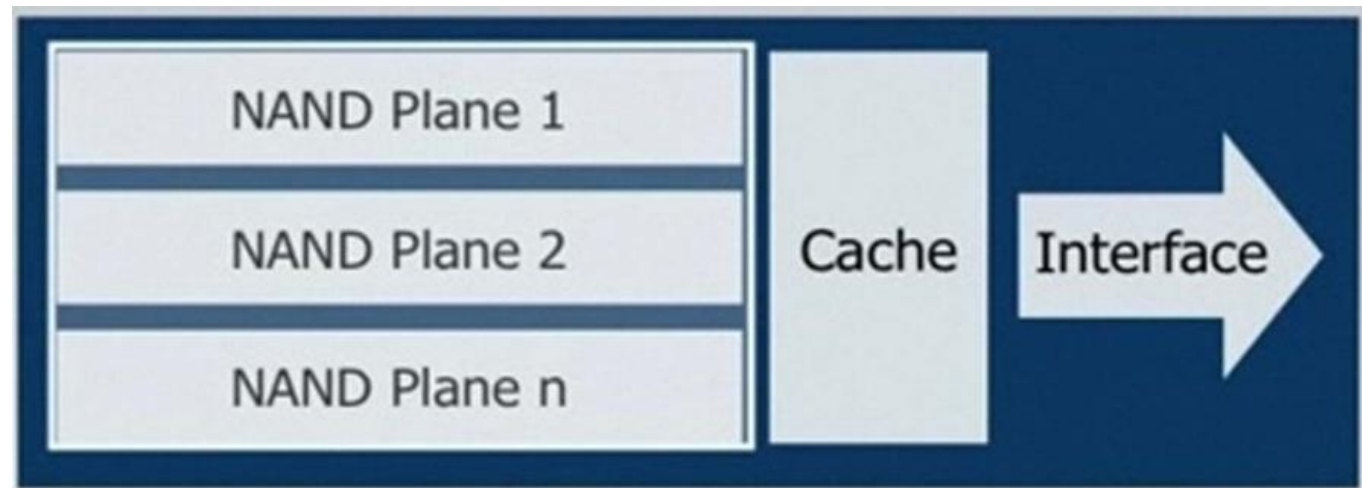
- SSD-urile conțin mai multe componente NAND flash (16/32 GB)





# Solid State Drive

- NAND Flash Media e format din mai multe celule NAND aranjate pe planuri multiple:
  - aceste planuri permit accesul paralel la NAND
  - permit, de asemenea, întrețeserea datelor
- Datele sunt transferate printr-un *cache*



# Solid State Drive - Avantaje

- Latență foarte mică
  - *seek time* este zero
- Viteze mari de citire și scriere
- Mai robuste fizic
  - Rezistente la șocuri
  - Zero părți mobile
    - Silențioase
    - Consumă puțin
- Excelează la citiri/scrieri de dimensiuni reduse
- “Imun” la fragmentarea datelor

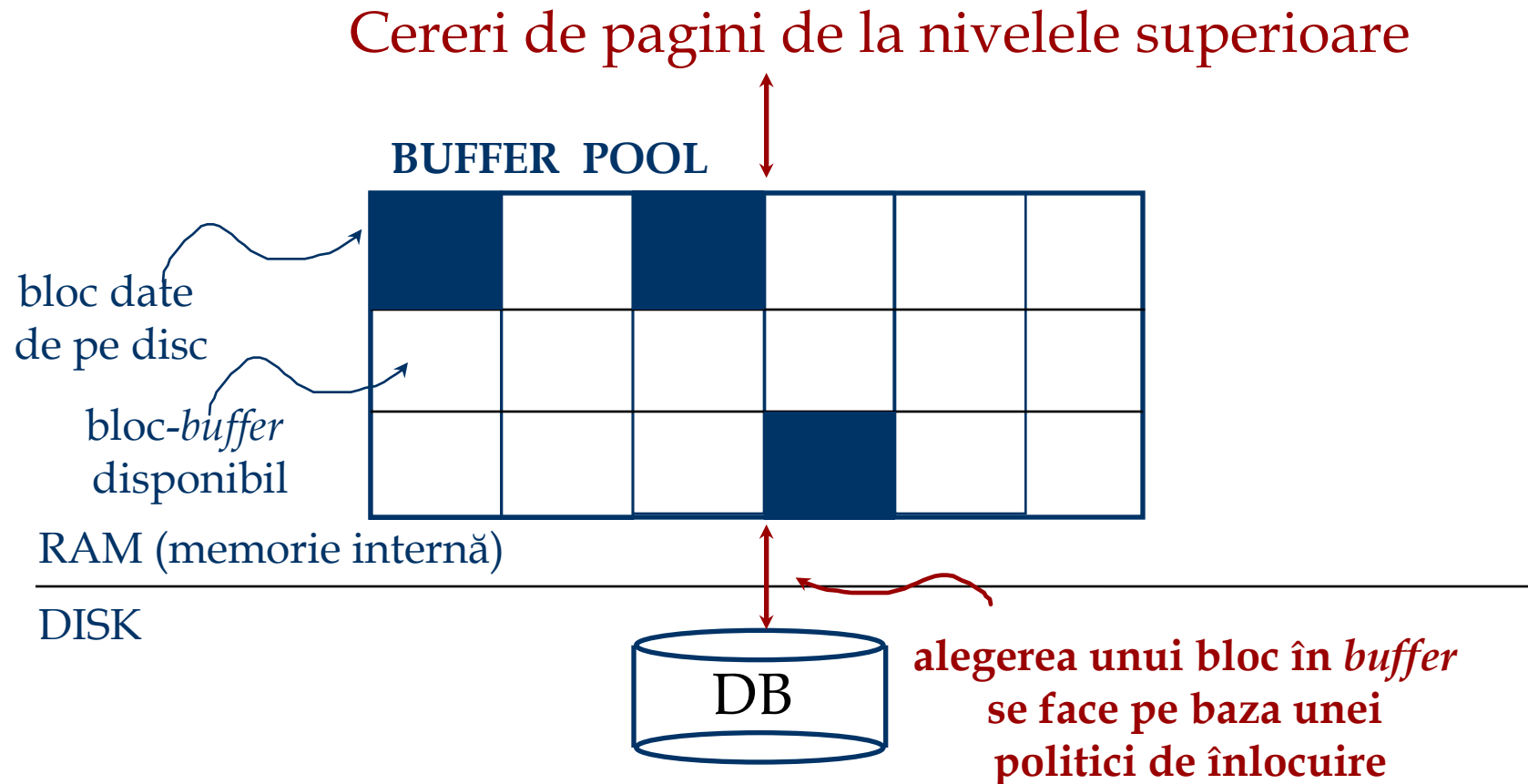
# Solid State Drive – Dezavantaje

- Cost per GB mult mai mare comparativ cu discurile magnetice
- Dimensiuni
  - HDD 3.5'' cu 4TB sunt relativ comune
  - SSD 3.5'' cu 2TB sunt disponibile (rare și scumpe)
- Cicluri de citire/scriere limitate
  - 1 - 2 milioane cicluri de scriere ⇒ uzura MLC (multi-level cell)
  - Sub 5 milioane cicluri de scriere ⇒ uzura SLC

# Gestionare *buffer* (zona de lucru) de către SGBD

- *Buffer* – partiție a memoriei interne utilizată pentru stocarea de copii ale blocurilor de date.
- *Buffer manager* – modul SGBD responsabil cu alocarea spațiului de *buffer* în memoria internă.
- *Buffer manager*-ul este apelat când este necesară accesarea unui bloc de pe disc
  - SGBD-ul operează asupra datelor din memoria internă

# Gestionare *buffer* de către SGBD



- Se actualizează o tabelă cu perechi  $\langle \text{nr\_bloc\_buffer}, \text{id\_bloc\_date} \rangle$

# La cererea unui bloc de date...

- Dacă blocul nu se regăsește în *buffer*:
  - Se alege un bloc disponibil pt. **înlocuire**
  - Dacă blocul conține modificări acesta este transferat pe disc
  - Se citește blocul dorit în locul vechiului bloc
- Blocul e *fixat* și se returnează adresa sa

*! Dacă cererile sunt predictibile (ex. scanări secvențiale)  
pot fi citite în avans mai multe blocuri la un moment dat*

# Gestionare *buffer* de către SGBD

- Programul care a cerut blocul de date trebuie să îl elibereze și să indice dacă blocul a fost modificat:
  - folosește un **dirty bit**.
- Același bloc de date din *buffer* poate fi folosit de mai multe programe:
  - folosește un **pin count**. Un bloc-*buffer* e un candidat pentru a fi înlocuit ddacă **pin count** = 0.
- Modulele *Concurrency Control & Crash Recovery* pot implica acțiuni I/O adiționale la înlocuirea unui bloc-*buffer*.

# Politici de înlocuire a blocurilor în *buffer*

- *Least Recently Used* (LRU): utilizează șablonul de utilizare a blocurilor ca predictor al utilizării viitoare. Interogările au șabloane de acces bine definite (ex, scanările secvențiale), iar un SGBD poate utiliza informațiile din interogare pentru a prezice accesările ulterioare ale blocurilor.
- *Toss-immediate*: eliberează spațiul ocupat de un bloc atunci când a fost procesat ultima înregistrare stocată în blocul respectiv
- *Most recently used* (MRU): după procesarea ultimei înregistrări dintr-un bloc, blocul este eliberat (*pin count* e decrementat) și devine blocul utilizat cel mai recent.



# Politici de înlocuire a blocurilor în *buffer*

- *Buffer Manager* poate utiliza **informații statistice** cu privire la probabilitatea ca o anumită cerere să refere un anumit bloc sau chiar o anumită relație
- Politicile de înlocuite pot avea un impact determinant în ceea ce privește numărul de I/Os – dependent de **șablonul de acces**.
- *Sequential flooding*: problemă generată de LRU + scanări secvențiale repetate.
  - **Nr blocuri-buffer < Nr blocuri în tabelă** → fiecare cerere de pagină determină un I/O. MRU e preferabil într-o astfel de situație.

# SGBD vs. Sistemul de fișiere al SO

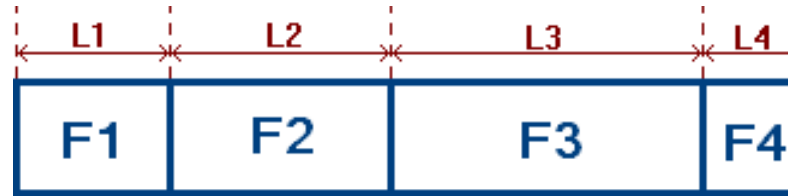
- SO gestionează spațiul pe disc și *buffer*-ul.  
De ce o face și un SGBD?
- Diferențe de suport oferit de SO: probleme de portabilitate
- Existența unor limitări (ex. fișierele nu pot fi salvate pe mai multe discuri)
- Gestionarea *buffer*-ului de SGBD presupune abilitatea de a:
  - *fixa/elibera* blocuri, *forța salvarea unui bloc* pe disc (important pentru *concurrency control & crash recovery*),
  - ajustarea *politicii de înlocuire* și *citirea de blocuri în avans* pe baza șablonului de acces ale operațiilor tipice BD.

# Fișiere de înregistrări

- Modulele de nivel superior ale unui SGBD operează cu **înregistrări** și **fișiere de înregistrări**, nu cu pagini sau blocuri
- **Fișier** = colecție de pagini; fiecare pagină conține o colecție de înregistrări; trebuie să permită:
  - inserarea/ștergerea/modificare înregistrărilor
  - citirea unei înregistrări particulare (folosind un **record id**)
  - scanarea tuturor înregistrărilor (eventual filtrate)
- O pagină ce conține o înregistrare poate fi identificată prin intermediul referinței acestuia (**rid**)

# Formatarea înregistrărilor

- Lungime fixă

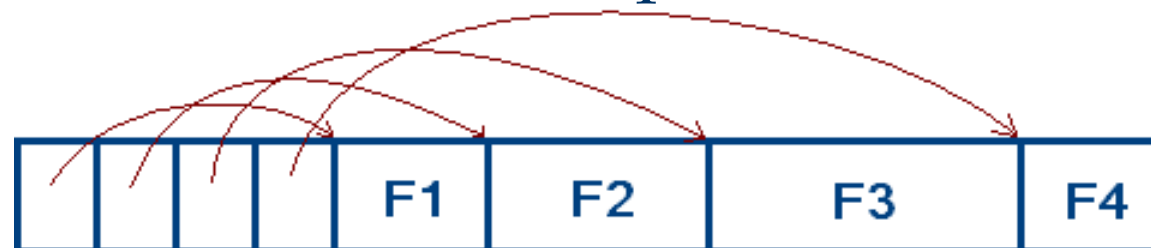


- Lungime variabilă

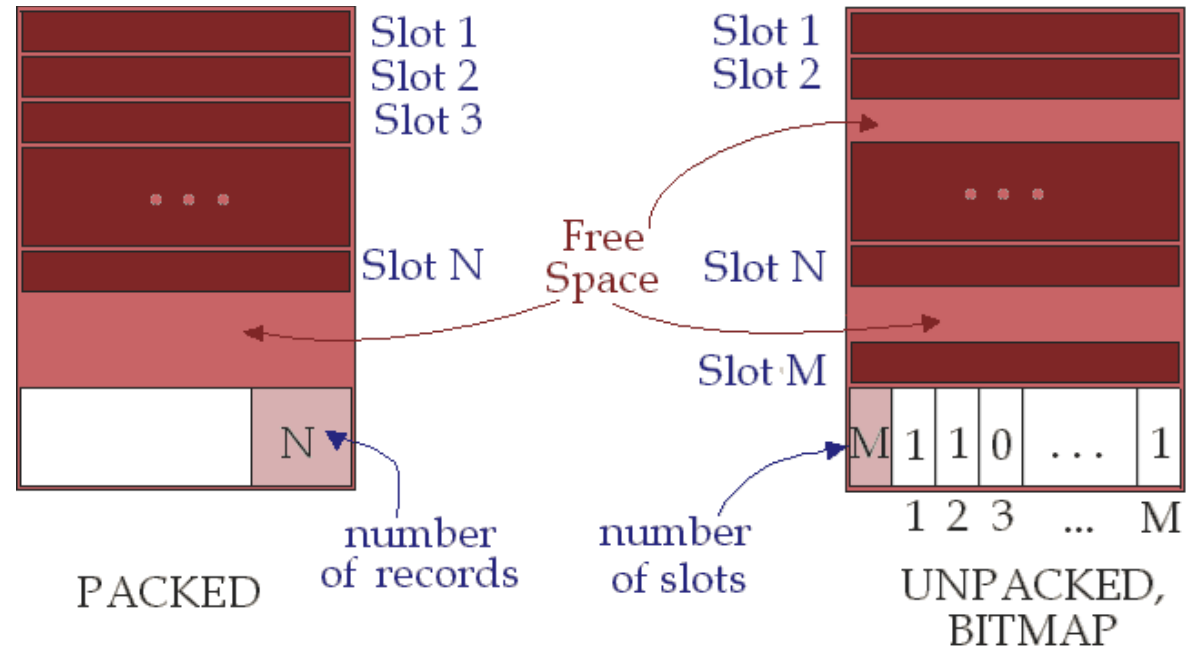
- Câmpuri delimitate prin simboluri speciale



- Șir de referințe la câmpuri

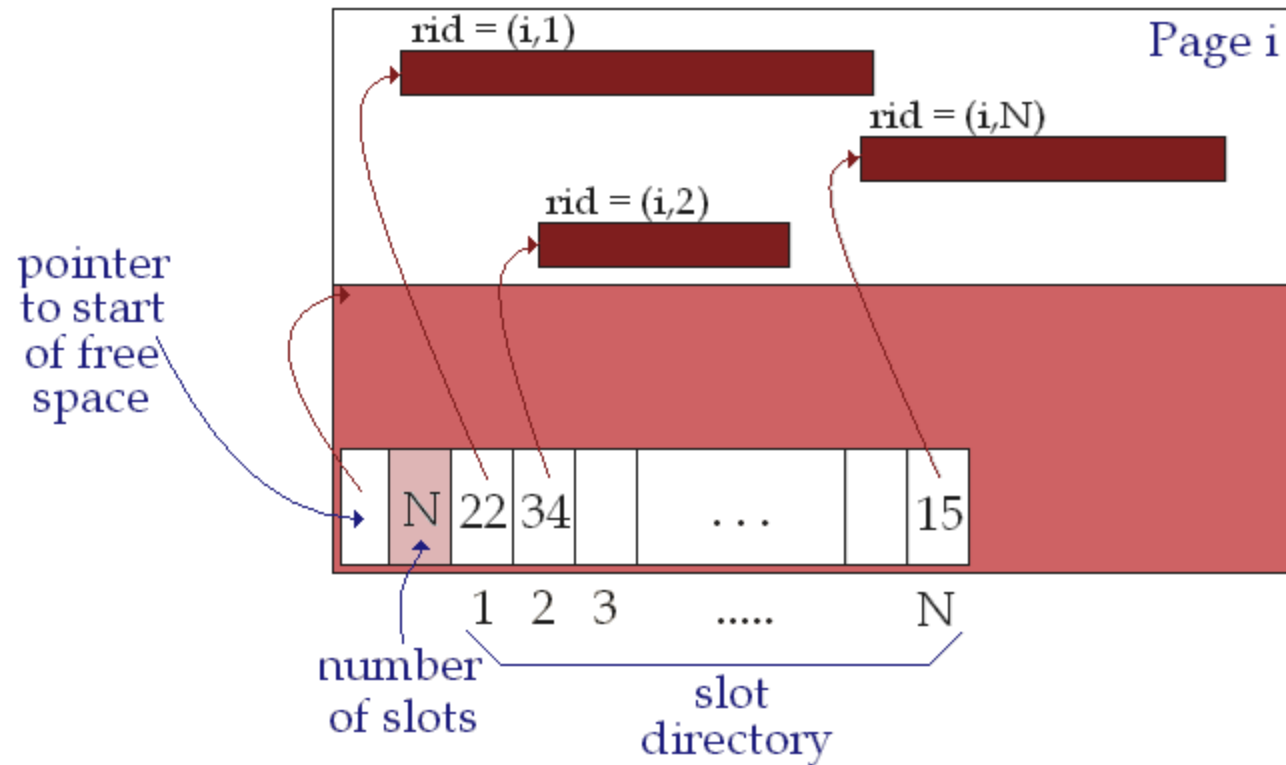


# Formatarea paginilor: înregistrări cu lungime fixă



- Record id = <page id, slot no>. În varianta împachetată, mutarea înregistrărilor pentru gestionarea spațiului liber implică modificarea ridului, ceea ce nu este acceptabil în anumite situații.

# Formatarea paginilor: înregistrări cu lungime variabilă



- Pot fi mutate înregistrări în pagină fără a modifica *rid-ul*; utilizabil și în cazul înregistrărilor cu lungime fixă