PA152: Efektivní využívání DB

1. Úvod

Vlastislav Dohnal

Literatura

- Knihy
  - Database Systems Implementation
    - Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom
    - Prentice Hall, 2000
    - Signatura knihovny D89
  - Database Systems: The Complete Book
    - Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom
    - 2nd edition, Prentice Hall, 2009
    - Signatura knihovny D147

Poděkování

- Zdrojem materiálů tohoto předmětu jsou:
  - Přednášky CS245, CS345, CS345
    - Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom
    - Stanford University, California
  - Přednášky dřívější verze PA152 (podzim 2008)
    - Pavel Rychlý
    - Fakulta informatiky, Masarykova Univerzita

Požadavky pro ukončení **ZKOUŠKOU**

- Vypracování 3 domácích úloh
  - zadání pošlu e-mailem
  - každá hodnocená 0-5 body
  - odevzdání v termínu (pozdě $\Rightarrow$ 0 bodů)
  - samostatné vypracování (opis $\Rightarrow$ 0 bodů)
- Složení zkouškové písemky
  - Otevřené otázky i výběr z možností, max. 36 bodů
- Hodnocení
  - Součet bodů z domácích úloh a zkouškové písemky
  - A ≥ 47, B ≥ 42, C ≥ 37, D ≥ 32, E ≥ 27, F < 27

Požadavky pro ukončení **ZÁPOČTEM**

- Vypracování 3 domácích úloh
  - zadání pošlu e-mailem
  - každá hodnocená 0-5 body
  - odevzdání v termínu (pozdě $\Rightarrow$ 0 bodů)
  - samostatné vypracování (opis $\Rightarrow$ 0 bodů)
- Hodnocení
  - **≥ 10 bodů** z domácích úloh
- Pozor:
  - některé studijní obory mají PA152 jako povinný předmět, pak musíte mít zapsánu zkoušku

Předpoklady znalostí

- Relační model
- Dotazovací jazyky
  - SQL a relační algebra
- Organizace souborů
  - Sekvenční soubor, …
- Součástí bakalářských kurzů
  - PB154 Základy databázových systémů
  - PB168 Základy informačních a databázových systémů

Základní pojmy

- „Databáze“
  - „Programuje“ většina programátorů
  - potřebuje každá firma
  - je součástí většiny aplikací
- Relační model
  - Struktura – data v relacích (tabulkách)
  - Operace – dotazování, modifikace
    - SQL, relační algebra
- Databázový systém
  - kolekce nástrojů pro ukládání a zpracování dat
- Databáze
  - data, která nás zajímají, která zpracováváme
  - kolekce relací, integritních omezení, indexů, …
  - schéma databáze vs. instance databáze

Příklad implementace DB systému

- Relace jsou v souborech na disku
  - Relace R je v /usr/db/R

```
Miller # 123 # CS
Peterhansel # 522 # EE
    :
    :
    :
```

  - Neobsahuje schéma dat

Příklad 2

- Seznam platných relací v *adresáři*
  - /usr/db/directory

```
R # name # STR # id # INT # dept STR …
R2 # C # STR # A # INT …
    :
    :
```

Příklad 3

- Dotazování:
  - příkaz: relace → výsledek
- Dotaz v „SQL“
  - R(A,B), S(A,C)

```
& select A,B
  from R,S
  where R.A = S.A and S.C > 100
   A     B
  123   CAR
  522   CAT
&
```

Příklad 4

```
select * from R where podmínka
```

- Zpracování dotazu
  1. přečti adresář (dictionary) a zjisti atributy relace R
  2. čti soubor R a pro každý řádek:
     a. vyhodnoť podmínku
     b. pokud je platná, přidej do výsledku

Příklad 5

`select A,B from R,S where` *`podmínka`*

- Zpracování dotazu
  1. Přečti adresář a získej atributy R a S
  2. Čti soubor R a pro každý řádek:
     a. Čti soubor S a pro každý řádek:
        i. Spoj oba řádky (n-tice)
        ii. Vyhodnoť podmínku
        iii. Pokud je platná,
             proveď projekci a přidej do výsledku

Problémy implementace

- Způsob ukládání
  - Řádky formátovány pomocí oddělovačů
    - Změna hodnoty vede ke změně v celém souboru
  - Neúsporné ukládání
  - Mazání je drahé
- Vyhledávání je drahé
  - Nejsou indexy
    - Hledání podle primárního klíče je pomalé
    - Vždy je nutné přečíst celou relaci

Problémy implementace

- Žádné souběžné zpracování
- Žádná spolehlivost
  - Možná ztráta dat
  - Operace nemusí být dokončena
- Žádné řízení přístupu
  - Přístup na úrovni systému souborů (filesystem)
  - Práva jsou příliš hrubozrnná
- Není API, není GUI

Osnova kurzu

- Úložiště dat

  Hierarchie pamětí, RAID, výpadky, …

- Struktura ukládání dat

  Záznamy, bloky, …

- Indexování

  Stromy, hašování, …

- Zpracování dotazů

  Odhad ceny, způsoby spojování relací, …

- Optimalizace dotazů

  Vytváření indexů, problémy pohledů, rozdělování relací, …

Osnova kurzu

- Optimalizace databáze

  Úpravy relačního schéma, monitorování db, …

- Transakční zpracování

  Souběžné zpracování, zamykání, logování, uváznutí, …

- Vysoká dostupnost

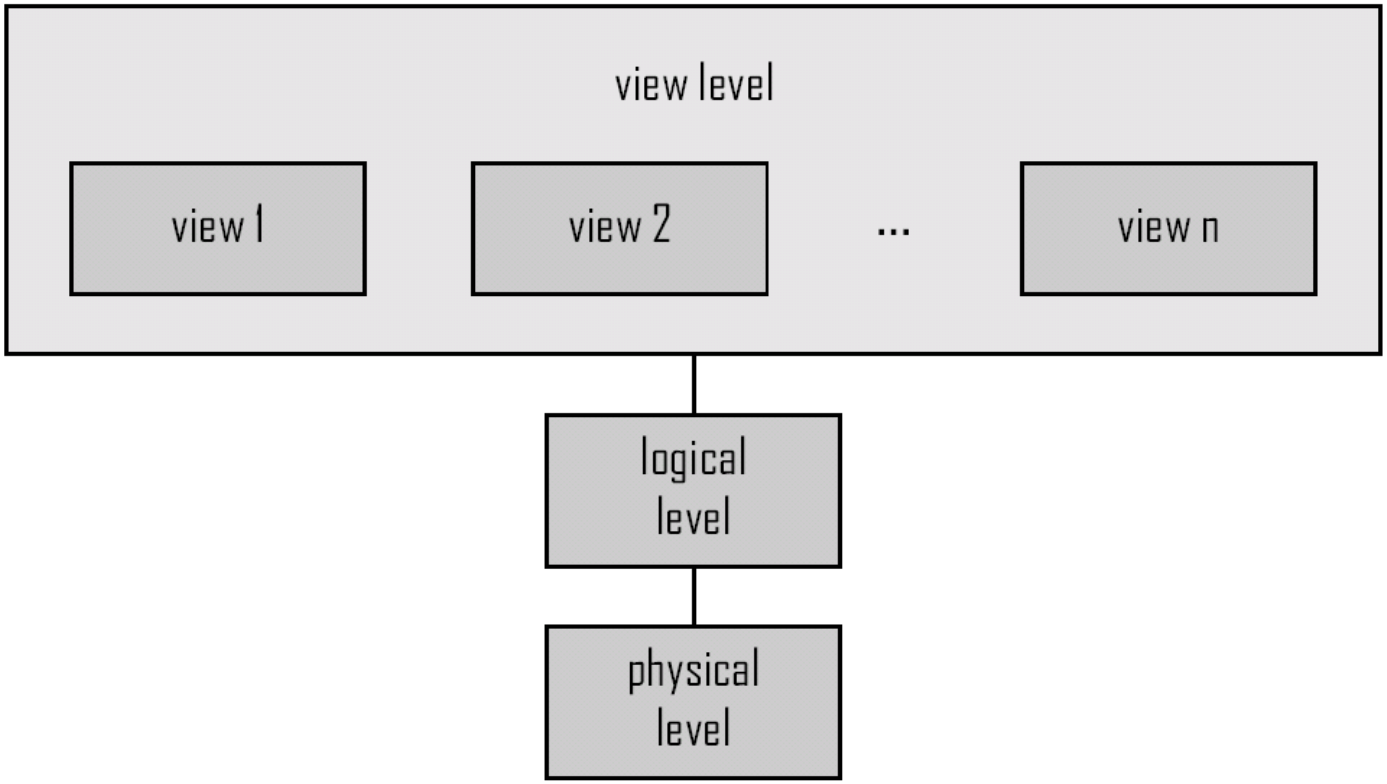
  Škálovatelnost, replikace, …

- Bezpečnost

  Práva, ochrana dat, …

Databázový systém

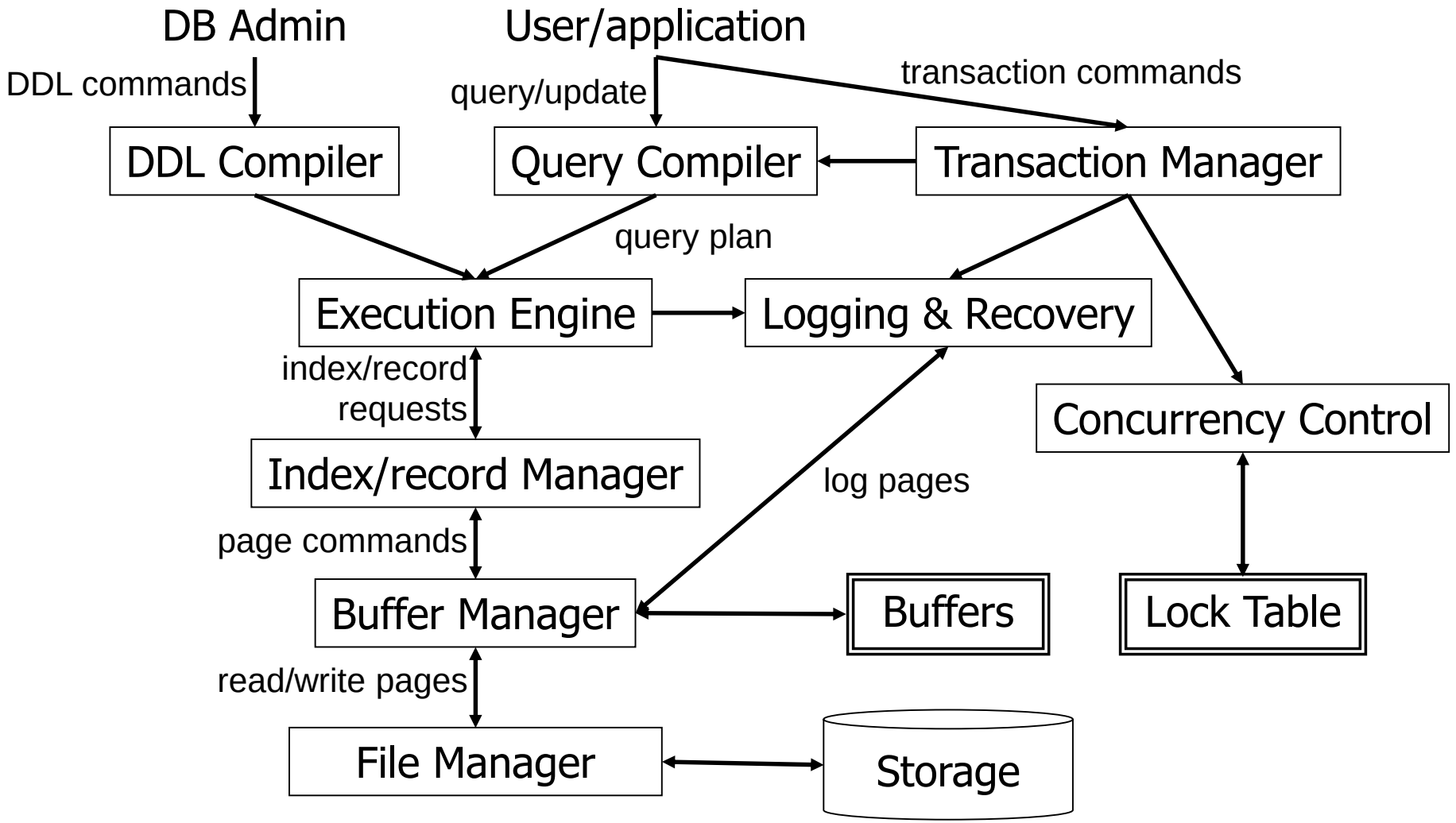
- DBMS (Database Management System)
  - Datová abstrakce



Hlavní součásti databázového systému

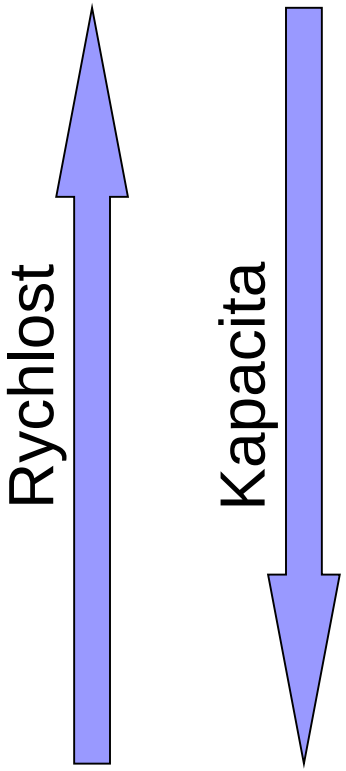
- Storage Manager
  - správa bloků na disku
  - správa vyrovnávací paměti
- Query Processor
  - překlad dotazu, optimalizace
  - vyhodnocení dotazu
- Transaction Manager
  - atomičnost, izolovanost a trvalost transakcí

Části databázového systému



Hierarchie pamětí

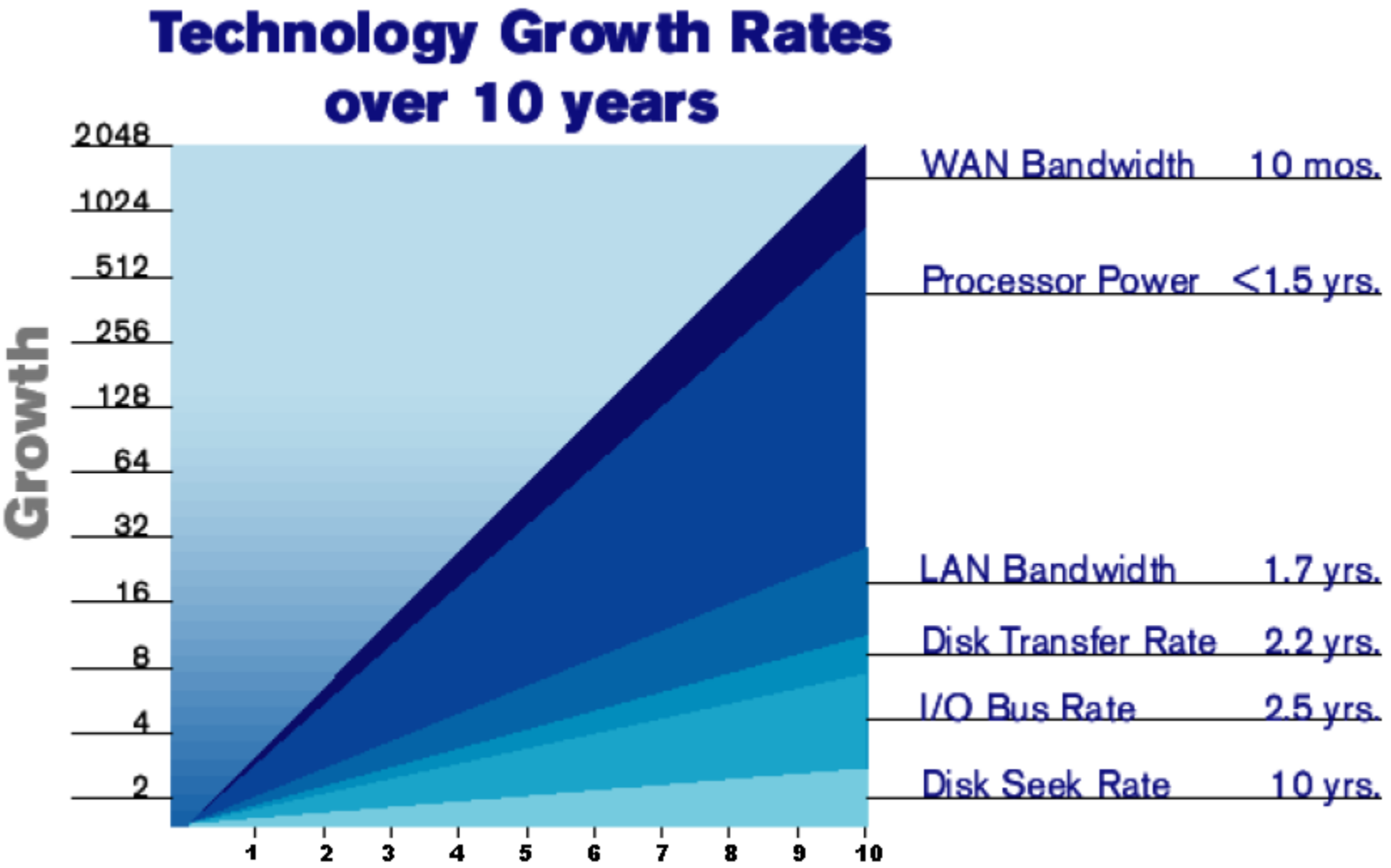
- Primární
  - vyrovnávací (cache)
    - procesor
  - hlavní (operační)
    - RAM
- Sekundární
  - disk, flash
- Terciární
  - záložní
    - pásky, optické disky



Mooreův zákon

- Počet tranzistorů
  - Zdvojnásobení cca každé 2 roky
  - Rychlost procesorů
  - Kapacita pamětí
- Kapacita disků
  - Kryder's Law – 1000 more in 15 years
  - Pozor: nikoli pro rychlost disku

Mooreův zákon

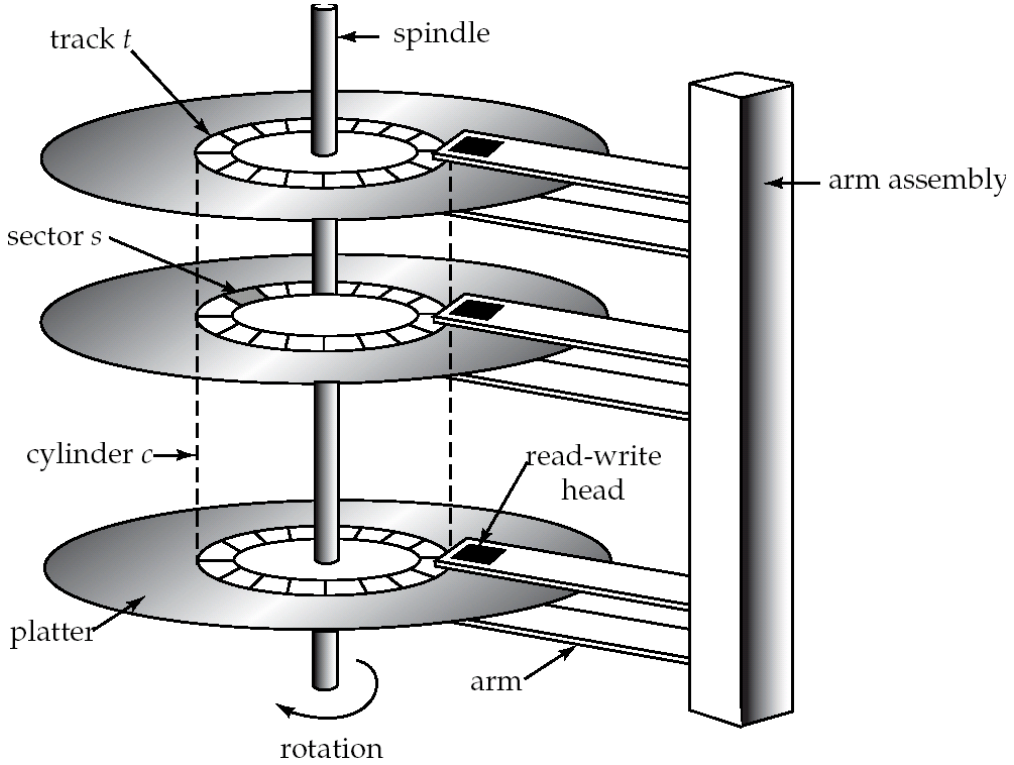


Paměťová úložiště

- Cache
  - Nejrychlejší a nejdražší, závislé na napájení
- RAM
  - Rychlé – 10-100 ns (1 ns = 10^{-9} s)
  - Příliš malé nebo drahé pro uložení celé databáze
  - Závislé na napájení
- Flash
  - Rychlé čtení, nezávislost na napájení
  - Pomalý zápis – nejdříve smazat, pak zápis
    - Zapisuje se celá oblast (banka)
  - Omezený počet zapisovacích cyklů

Paměťová úložiště

- Rotační disk
  - Velká kapacita, nezávislost na napájení
  - Čtení a zápis téměř stejně rychlé

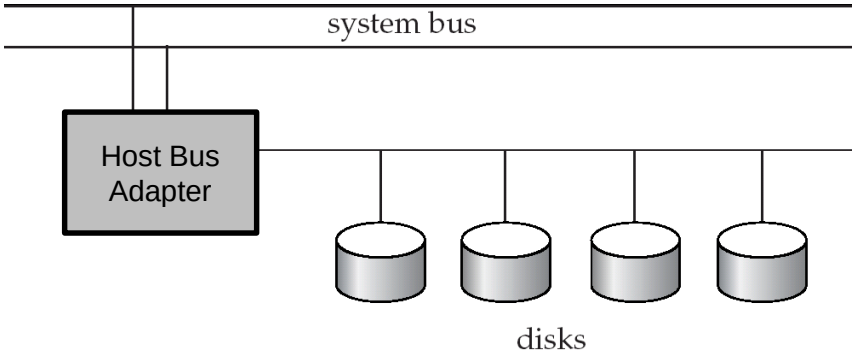


Rotační disk

- Přístupová doba (access time)
  - Čas mezi požadavkem na čtení/zápis a počátkem přenosu dat
- Data jsou blokována
  - atomická jednotka čtení je sektor/diskový blok
- Složky přístupové doby
  - Vystavení hlaviček (seek time) – 4-10 ms
    - Přesun na správnou stopu disku
    - Average seek time = ½ nejhorší případ seek time
  - Rotační zpoždění – 4-11ms (5400-15k rpm)
    - Čas pro otočení disku na správný sektor
    - Average latency = ½ nejhorší případ latency

Rotační disk (pokrač.)

- Přenosová rychlost
  - Rychlost čtení/zápisu dat z/na disk
  - 50-200MB/s, nižší pro vnitřní stopy
- Rychlost řadiče
  - Více disků připojených na jeden řadič
  - SATA 3.0 (6Gb/s, 600 MB/s)
  - SAS-2 (6Gb/s, 600MB/s)



Rotační disk (pokrač.)

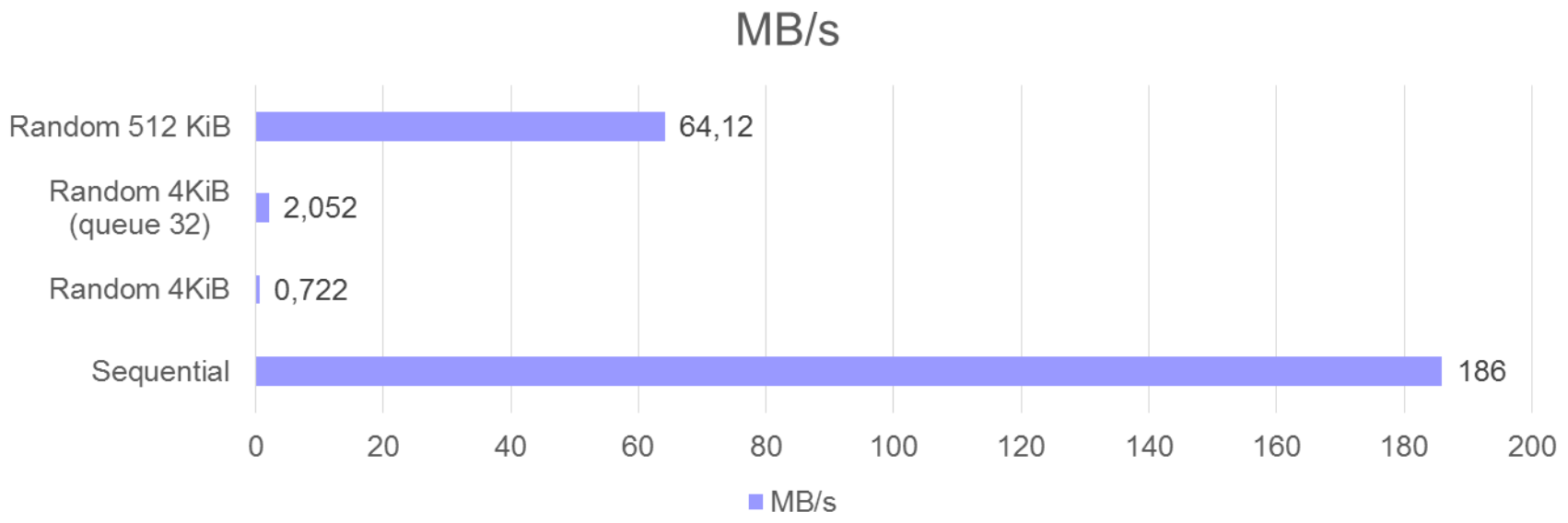
- Vlastnosti
  - Náhodné čtení je pomalé
    - access time can be up to 20ms
  - Sekvenční čtení je rychlé
- Optimalizace přístupu v HW
  - Cache
    - Buffery pro zápis, zálohovány baterií nebo flash
  - Algoritmy pro minimalizaci pohybu hlavičky
    - Algoritmus „výtah“
    - Fungují pouze při velkém počtu požadavků současně

Rotační disk (pokrač.)

- Příklad SATAII disk, 7200rpm, 100MB/s
  - Avg seek time = 8.9ms
  - Avg latency = (1/(7200/60))*0.5=0.00417s=4.17ms
  - Čtení sektoru (512B) = 13.07ms + 4.88µs
  - 10MB souvisle = 13.07ms + 100ms = 113ms
    - souvislé čtení obsahuje i
      - přesun na další stopu – změna povrchu / cylindru
      - toto zanedbáváme
  - 10MB náhodně = 20480*13.07488ms = 268s

Rotační disk (pokrač.)

Western Digital 10EZEX 1TB, SATA3, 7200 RPM, sustained transfer rate 150 MB/s



Diskové operace v DBMS

- Přístup po blocích (atomická jednotka)
  - Skupina sousedních sektorů disku
  - Typicky 4KB – 16KB
- Čtení bloku
- Zápis bloku
  - Zápis a ověření (otočení disku + čtení !)
- Modifikace bloku:
  - Čtení
  - Změna v paměti
  - Zápis a ověření

Algoritmy v DBMS

- Pracují s bloky
  - Velikost bloku DB
  - Velikost bloku FS
  - Velikost bloku zařízení
- Minimalizují počet náhodně čtených bloků
- Náklady na čtení a zápis jsou stejné
  - Časté zjednodušení

Solid State Drives

- Diskové úložiště na „flash“ pamětech
- Žádné pohyblivé části
- Odolnější proti poškození
- Tiché, nižší přístupová doba a zpoždění
- 4x dražší než HDD (za GB)

SSD – Flash memory

- NAND čipy
  - SLC (single-level cells)
    - stores 1-bit information (2 voltage states)
    - fastest, highest cost
  - MLC (multi-level cells)
    - stores mostly 2-bit information
  - TLC (triple-level cells)
    - stores 3-bit information (8 voltage states)
    - slowest, least cost

SSD – Flash memory

- Organizace do bloků
  - Stránky 4KiB organizované do bloků (128 stránek)
  - Spolehlivost zvýšena ECC součty
    - Hamming, Reed-Solomon
  - Omezení zápisu – 1k-100k přepsání
  - Mnohem rychlejší čtení než zápis
    - Zápis: pouze do „nového bloku“
      1. write a new copy of the changed data to a fresh block
      2. remap the file pointers
      3. then erase the old block later when it has time

SSD – Flash memory

- A single NAND chip is relatively slow
  - SLC NAND
    - ~25 µs to read a 4 KiB page
    - ~250 µs to commit a 4 KiB page
    - ~2 ms to erase a 256 KiB block
- Data striping (RAID0) to improve performance

Databáze na FI

- MySQL, PostgreSQL, Oracle
- PostgreSQL http://www.postgresql.org/
  - Zdarma i pro komerční aplikace
  - Technické informace http://www.fi.muni.cz/tech/unix/databaze.xhtml
    - Podle návodu si vytvořte účet
  - Pro připojení použijte pgAdmin http://www.pgadmin.org/
  - Nebo phpPgAdmin http://phppgadmin.sourceforge.net/
    - Dostupný na http://mufin.fi.muni.cz/phppgadmin/
      - Zvolte server DB FI MUNI,
      - databázi pgdb,
      - schéma podle Vašeho loginu