# Sumário



# Recuperação de Falhas

- Garantia de atomicidade e durabilidade de Transações
  - requer um SGBD tolerante a falhas
- Tolerância a falhas em BDs
  - capacidade de conduzir o BD a um estado passado consistente, após a ocorrência de uma falha que o deixou em um estado inconsistente
  - baseia-se em redundância de dados
  - não é um mecanismo 100% seguro
  - responsabilidade do subsistema de *recovery* do SGBD

# Subsistema de *Recovery*

- Controles
  - durante o funcionamento normal do SGBD
    - manter informações sobre o que foi atualizado no BD pelas transações
    - realizar cópias periódicas do BD
  - após a ocorrência de uma falha
    - executar ações para retornar o BD a um estado consistente
    - ações básicas
      - **UNDO**: desfazer uma atualização no BD
      - **REDO**: refazer uma atualização no BD
- Considerações sobre o seu projeto
  - tipos de falhas a tratar
  - técnica de *recovery* a aplicar

# Ações Básicas de *Recovery*

- Transaction UNDO
  - uma transação não concluiu suas operações
  - as modificações realizadas por esta transação no BD são desfeitas
- Global UNDO
  - uma ou mais transações não concluíram as suas operações
  - as modificações realizadas por todas estas transações no BD são desfeitas
- Partial REDO
  - na ocorrência de uma falha, algumas transações podem ter concluído suas operações (*committed*), mas suas ações podem não ter se refletido no BD
  - as modificações realizadas por estas transações são refeitas no BD
- Global REDO
  - no caso de um comprometimento do BD, todas as transações *committed* no BD são perdidas
  - as modificações realizadas por todas estas transações no BD são refeitas

## Tipos de Falhas

- Falha de Transação
  - uma transação ativa termina de forma anormal
  - causas
    - violação de RI, lógica da transação mal definida, *deadlock*, cancelamento pelo usuário, ...
  - não compromete a memória principal e a memória secundária (disco, em geral)
  - falha com maior probabilidade de ocorrência
  - seu tempo de recuperação é pequeno
    - ação: Transaction UNDO

## Tipos de Falhas

- Falha de sistema
  - o SGBD encerra a sua execução de forma anormal
  - causas
    - interrupção de energia, falha no SO, erro interno no SW do SGBD, falha de HW, ...
  - compromete a memória principal e não compromete o disco
  - falha com probabilidade média de ocorrência
  - seu tempo de recuperação é médio
    - ações: Global UNDO e Partial REDO

# Tipos de Falhas

- Falha de meio de armazenamento
  - o BD torna-se total ou parcialmente inacessível
  - causas
    - setores corrompidos no disco, falha no cabeçote de leitura/gravação, ...
  - não compromete a memória principal e compromete o disco
  - falha com menor probabilidade de ocorrência
  - seu tempo de recuperação é grande
    - ação: Global REDO

# Técnicas de *Recovery*

- Baseadas em *Log*
  - modificação imediata do BD
    - técnica UNDO/REDO
    - técnica UNDO/NO-REDO
  - modificação postergada do BD
    - técnica NO-UNDO/REDO

  } recuperação de falhas de transação e de sistema

  - recuperação de meio de armazenamento
    - técnica ARCHIVE/DUMP/REDO
- Baseadas em *Shadow Pages*
  - técnica NO-UNDO/NO-REDO

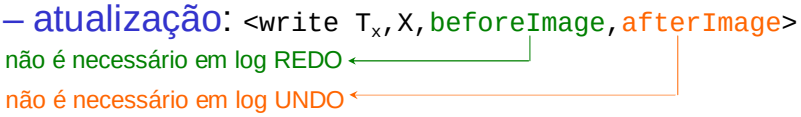
  } recuperação de falhas de transação e de sistema

# Técnicas Baseadas em *Log*

- Técnicas mais comuns de *recovery*
- Utilizam um arquivo de *Log* (ou *Journal*)
  - registra seqüencialmente as atualizações feitas por transações no BD
    - é consultado em caso de falhas para a realização de UNDO e/ou REDO de transações
  - mantido em uma ou mais cópias em memória secundária (disco, fita, ...)
  - tipos de *log*
    - *log* de UNDO
      - mantém apenas o valor antigo do dado (*before image*)
    - *log* de REDO
      - mantém apenas o valor atualizado do dado (*after image*)
    - *log* de UNDO/REDO (mais comum)
      - mantém os valores antigo e atualizado do dado

# Tipos de Registro no *Log*

- Supõe-se que toda transação possui um identificador único gerado pelo SGBD
- Para fins de recuperação de falhas, operações *read* não precisam ser gravadas
  - úteis apenas para outros fins (auditoria, estatísticas, ...)
- Principais tipos de registro
  - início de transação: `<start T_x>`
  - *commit* de transação: `<commit T_x>`
  - atualização: `<write T_x,X,beforeImage,afterImage>`



# Exemplo de *Log*

*Log*

```
<start T3>
<write T3,B,15,12>
<start T2>
<write T2,B,12,18>
<start T1>
<write T1,D,20,25>
<commit T1>
<write T2,D,25,26>
<write T3,A,10,19>
<commit T3>
<commit T2>
...
```

$T_1$
read(A)
read(D)
write(D)

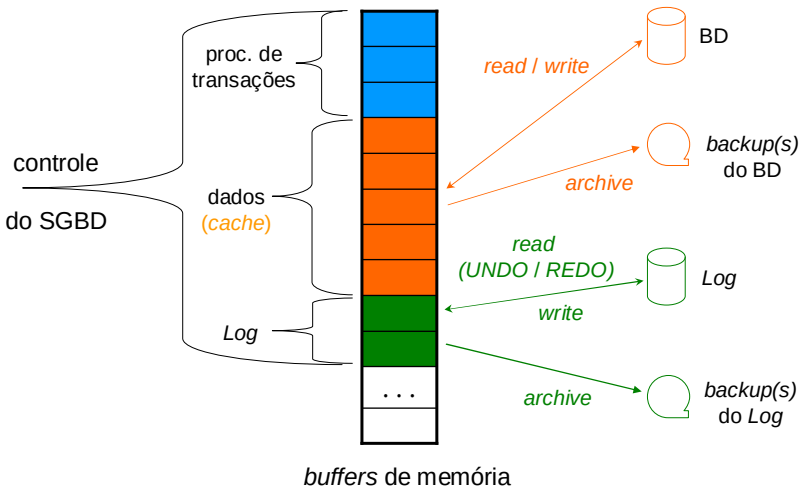
$T_2$
read(B)
write(B)
read(D)
write(D)

$T_3$
read(C)
write(B)
read(A)
write(A)

# Gerenciamento de *Buffer*

- *Buffer*
  - conjunto de blocos da memória principal
    - considera-se bloco e página conceitos sinônimos
- O SGBD é responsável pela gerência de alguns *buffers*
  - *buffers* para dados, para processamento de transações e para o *Log*
  - ele assume o controle desses *buffers*, ao invés do SO, requisitando apenas serviços de leitura/escrita de blocos ao SO

# Gerenciamento de *Buffer*




# Gerenciamento de *Buffer*

- Técnicas de *recovery* devem sincronizar os *buffers* de *log* e de dados
  - princípio básico
    - um bloco atualizado na *cache* só pode ser gravado no BD após o histórico dos dados atualizados neste bloco ter sido gravado no *Log* em disco
      - ***Write-Ahead-Log* (*WAL*)**
  - uma transação $T_x$ só pode passar para o estado efetivada (*committed*) após todas as suas atualizações terem sido gravadas no BD segundo o princípio *WAL*
- O SGBD aplica técnicas de gerenciamento de *buffer*
  - estas técnicas influenciam as técnicas de *recovery*

# Técnicas de Gerência de *Buffer*

- *NOT-STEAL*
  - um bloco na *cache* utilizado por uma transação $T_x$ não pode ser gravado antes do *commit* de $T_x$
    - bloco possui um *bit* de status indicando se foi (1) ou não (0) modificado
    - vantagem: processo de *recovery* mais simples - evita dados de transações inacabadas sendo gravadas no BD
- *STEAL*
  - um bloco na *cache* utilizado por uma transação $T_x$ pode ser gravado antes do *commit* de $T_x$
    - necessário se algum dado é requisitado do BD por outra transação e não há blocos disponíveis na *cache*
    - o bloco "vítima" é escolhido através de alguma técnica de SO
      - LRU, FIFO, ...
    - vantagem: não há necessidade de manter blocos bloqueados por transações

# Técnicas de Gerência de *Buffer*

- *FORCE*
  - os blocos que mantêm dados atualizados por uma transação $T_x$ são imediatamente gravados no BD quando $T_x$ alcança o *commit*
    - deve-se saber quais os blocos que $T_x$ *atualizou dados*
  - vantagem: garante a durabilidade de $T_x$ o mais cedo possível – garante mais o REDO de $T_x$ em caso de falha
- *NOT-FORCE*
  - os blocos que mantêm dados atualizados por $T_x$ não são imediatamente gravados no BD quando $T_x$ alcança o *commit*
  - vantagem: blocos atualizados podem permanecer na *cache* e serem utilizados por outras transações, após o *commit* de $T_x$ (reduz custo de acesso a disco)

# Exercício 1

a) Considere o *Log* abaixo após a ocorrência de uma falha de sistema. Apresente os valores resultantes dos dados X e Y para cada alternativa de execução de operações UNDO e REDO proposta abaixo. Qual das alternativas mantém o BD consistente?

```
<start T1>
<start T2>
<write T1,X,1,7>
<start T3>
<write T2,X,7,70>
<commit T1>
<start T4>
<write T3,X,70,700>
<write T3,Y,10,100>
<write T4,Y,100,55>
<commit T4>
<write T2,Y,55,550>
```

1) UNDO de T2 e T3 + REDO de T1 e T4 ↓
2) UNDO de T2 e T3 + REDO de T1 e T4 ↑
3) 1ª passada: UNDO de T2 e T3 ↑;
   2ª passada: REDO de T1 e T4 ↓
4) 1ª passada: REDO de T1 e T4 ↓;
   2ª passada: UNDO de T2 e T3 ↑

Observações:
1) ↓ significa varredura *forward* do *Log*
2) ↑ significa varredura *backward* do *Log*

b) Qual das seguintes combinações de técnicas de gerenciamento de *buffer* requer um gerenciamento mais complexo por parte do SGBD? Por quê?

a) STEAL + NOT-FORCE
b) NOT-STEAL + FORCE

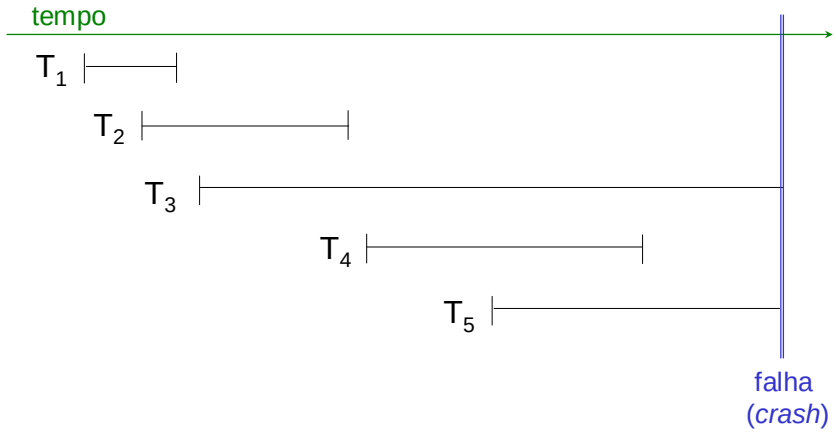
# Modificação Imediata do BD

- Abordagem na qual dados atualizados por uma transação $T_x$ podem ser gravados no BD antes do *commit* de $T_x$
- Abordagem mais comum de *recovery*
  - gerenciamento de *buffer* mais simples
    - utiliza técnica STEAL
- Duas técnicas
  - UNDO/REDO
    - técnica mais comum de *recovery*
  - UNDO/NO-REDO

# Técnica UNDO/REDO

- Grava o *commit* de $T_x$ no *Log* depois de todas as atualizações de $T_x$ terem sido gravadas no *Log*, e antes dessas atualizações serem gravadas no BD
  - requer um *Log* de UNDO/REDO
- Utiliza 2 listas de transações
  - lista-REDO: IDs de transações *committed*
    - possuem *commit* gravado no *Log*
  - lista-UNDO: IDs de transações ativas
- Procedimento (em caso de falha)
  1. faz uma varredura *backward* do *Log*, realizando UNDO das transações na lista-UNDO
  2. faz uma varredura *forward* do *Log*, realizando REDO das transações na lista-REDO

# Técnica UNDO/REDO - Exemplo




lista-UNDO: $T_3$, $T_5$ (devem sofrer UNDO)

lista-REDO: $T_1$, $T_2$, $T_4$ (devem sofrer REDO)

# Técnica UNDO/REDO

- A propriedade de idempotência de operações UNDO e REDO é válida
  - fazer UNDO ou REDO uma vez ou várias vezes produz o mesmo resultado
    - situações em que ocorrem falhas durante o processo de *recovery*
- Técnica mais trabalhosa de *recovery*
  - tanto UNDO quanto REDO devem ser realizados
    - porém, o gerenciamento de *buffer* é mais simples

# Exercício 2

a) Na técnica UNDO/REDO, suponha que uma varredura inicial seja feita no *Log* para montar a lista-UNDO e a lista-REDO, antes da realização das varreduras *backward* e *forward*. Proponha algoritmos de alto nível para definir essas listas através de:

   i. Uma varredura *backward* do *Log*;
   ii. Uma varredura *forward* do *Log.*

   Qual algoritmo é mais simples?

b) No item anterior, o algoritmo UNDO/REDO realiza 3 varreduras no *Log*. Proponha um algoritmo mais eficiente, que resolva o problema realizando apenas 2 varreduras no *Log (*uma *backward* e outra *forward)*