

# Redes de Computadores

## O Roteador

# Principal Função do Roteador

## ● Repasse

- Quando um pacote chega ao enlace de entrada de um roteador, este deve conduzi-lo até o enlace de saída apropriado.

## ● Roteamento

- A camada de rede deve determinar a rota ou caminho tomado pelos pacotes ao fluírem de um remetente a um destinatário, através de algoritmos de roteamento, baseados em uma tabela de repasse.

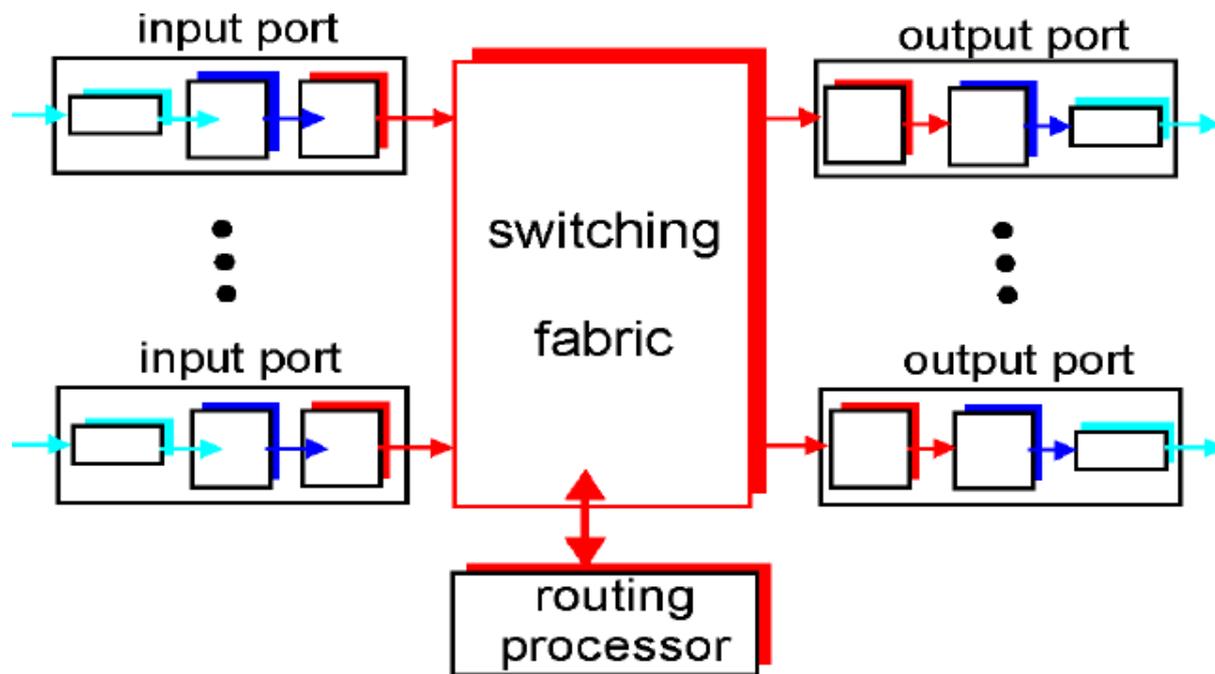
## Rede de Computadores

- O roteador repassa um pacote examinando o valor de um campo no cabeçalho do pacote que está chegando e então utiliza esse valor para indexar sua tabela de repasse.

# Arquitetura de um Roteador

- Portas de Entrada
- Elemento de Comutação
- Portas de Saída
- Processador de Roteamento

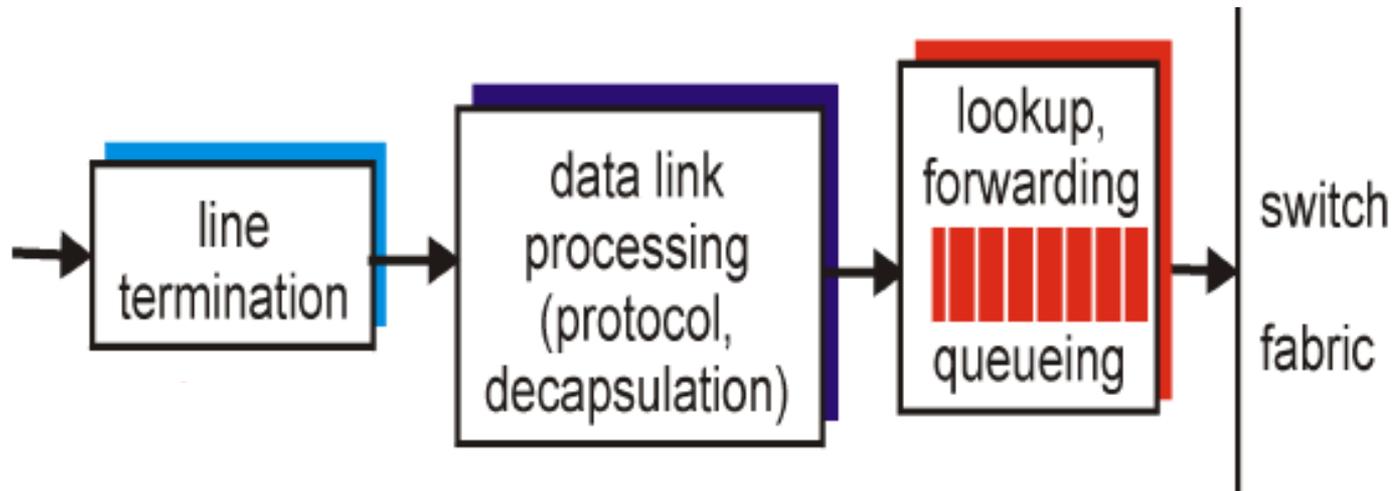
## Rede de Computadores



# Portas de Entrada

- Funções das portas de entrada:
  - Terminação de linha
    - Relativa a camada Física.
  - Processamento de enlace
    - Desencapsulamento do pacote recebido.
  - Examinar / Repassar / Fila
    - Na maioria dos roteadores é neste ponto que ocorre a escolha da porta de saída, baseada em uma tabela de repasse (**repasse descentralizado**).

## Rede de Computadores



## Rede de Computadores

- Em roteadores com capacidade limitada de processamento na porta de entrada, a porta pode simplesmente repassar o pacote para o processador de roteamento centralizado.
- É esperado que o processamento da porta de entrada tenha capacidade de operar à velocidade da linha.

## Rede de Computadores

- Geralmente os roteadores armazenam os registros das tabelas de repasse em uma estrutura de árvore de dados.
- **Memórias de conteúdo endereçável** (*Content Addressable Memories – CAMs*) permitem que um endereço IP de 32bits seja apresentado à CAM, que devolve o conteúdo do registro da tabela de repasse para o endereço em tempo essencialmente constante.

## Rede de Computadores

- Após a determinação da porta de saída a ser utilizada, o pacote é repassado para o elemento de comutação.
- Mas, um pacote pode ser temporariamente impedido de entrar no elemento de comutação.
- Um pacote impedido (bloqueado) deve entrar na fila da porta de entrada e então ser programado para atravessar o elemento de comutação.

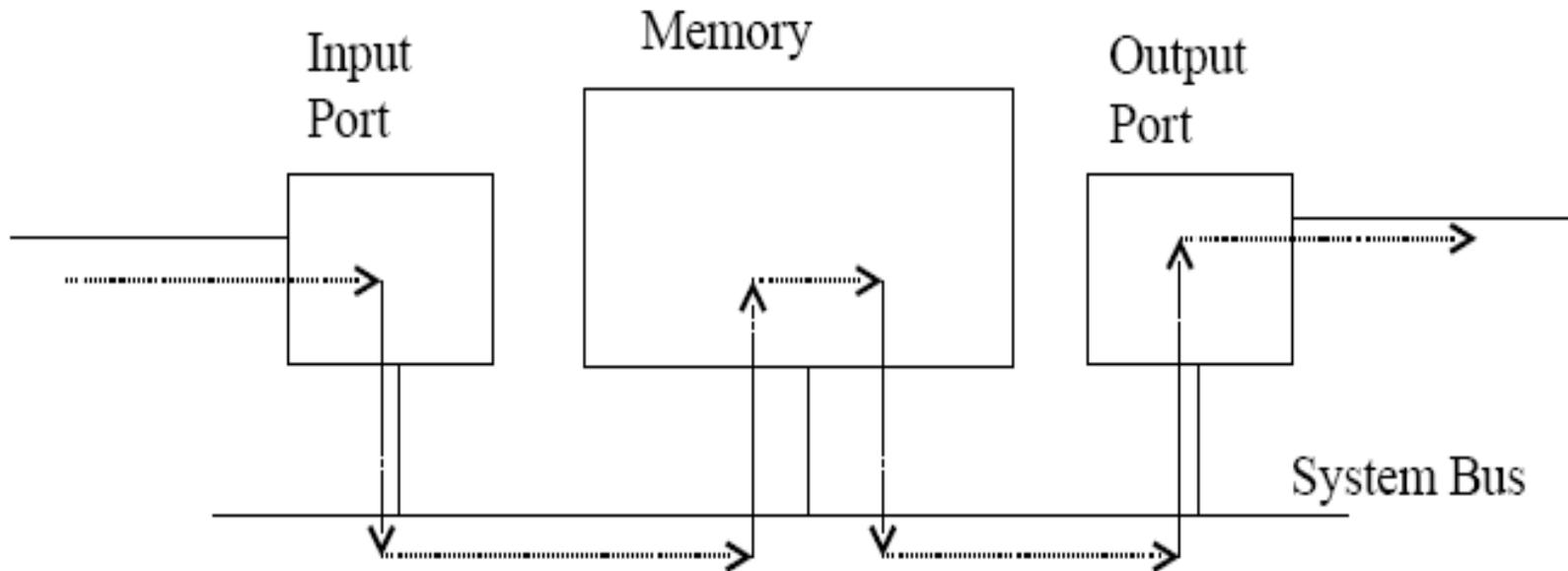
# Elemento de Comutação

- É o coração do roteador;
- Pode ser feito de várias formas:
  - Comutação por memória
  - Comutação por Barramento
  - Comutação por uma rede de interconexão

# Comutação por Memória

- Modelo mais simples de comutação.
- Os primeiros e mais simples roteadores quase sempre eram computadores tradicionais nos quais a comutação entre as portas de entrada e de saída era realizada sob o controle direto da CPU.

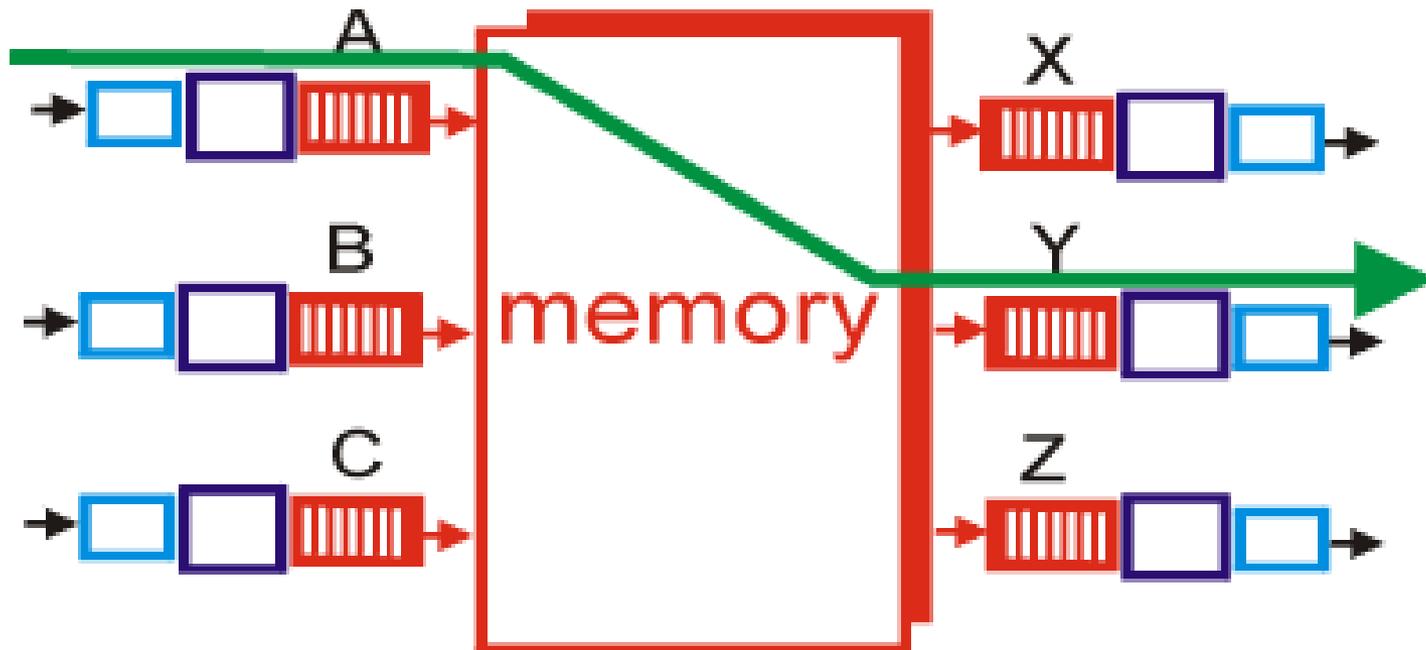
## Rede de Computadores



## Rede de Computadores

- As portas de entrada e saída funcionam como dispositivos tradicionais de entrada/saída de um sistema operacional tradicional.
- Muitos roteadores modernos ainda comutam por memória, mas a consulta do endereço de destino e o armazenamento do pacote na localização adequada da memória são realizados por processadores nas placas de linha de entrada.

## Rede de Computadores



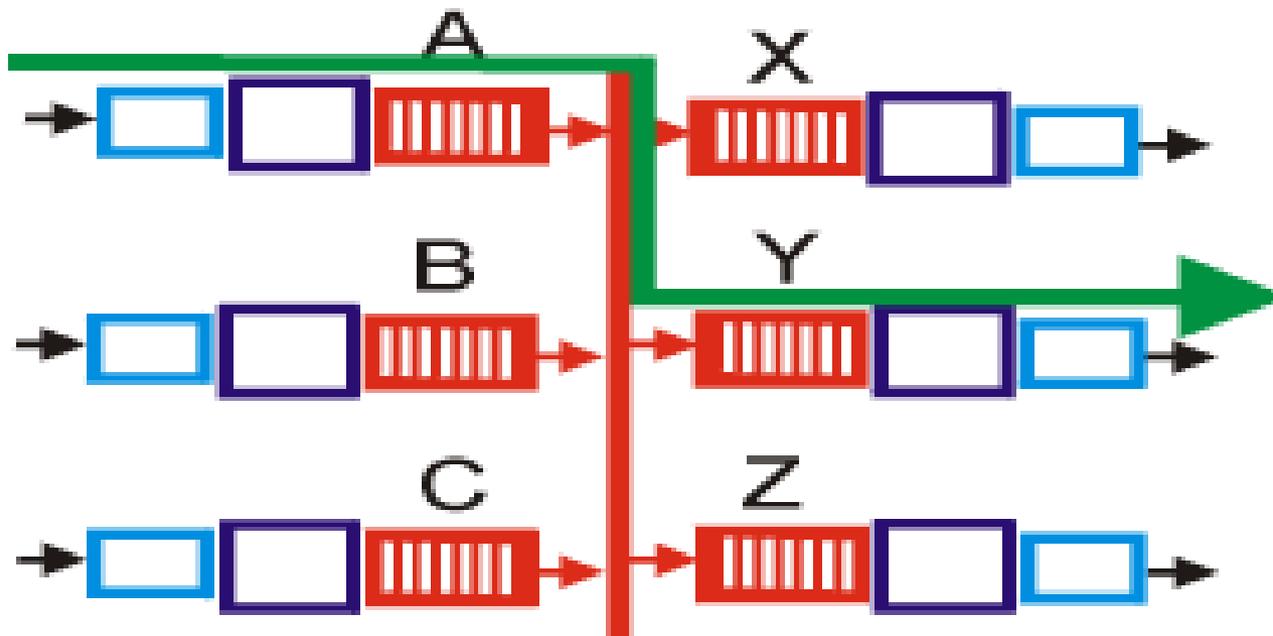
# Comutação por um Barramento

- As portas de entrada transferem um pacote diretamente para a porta de saída por um barramento compartilhado sem a intervenção do processador de roteamento.
- Como o barramento é compartilhado, somente um pacote por vez pode ser transferido por meio do barramento.

## Rede de Computadores

- A largura de banda de comutação do roteador fica limitada à velocidade do barramento.
- A comutação por barramento muitas vezes é suficiente para roteadores que operam em redes de acesso e redes de empresas.

## Rede de Computadores

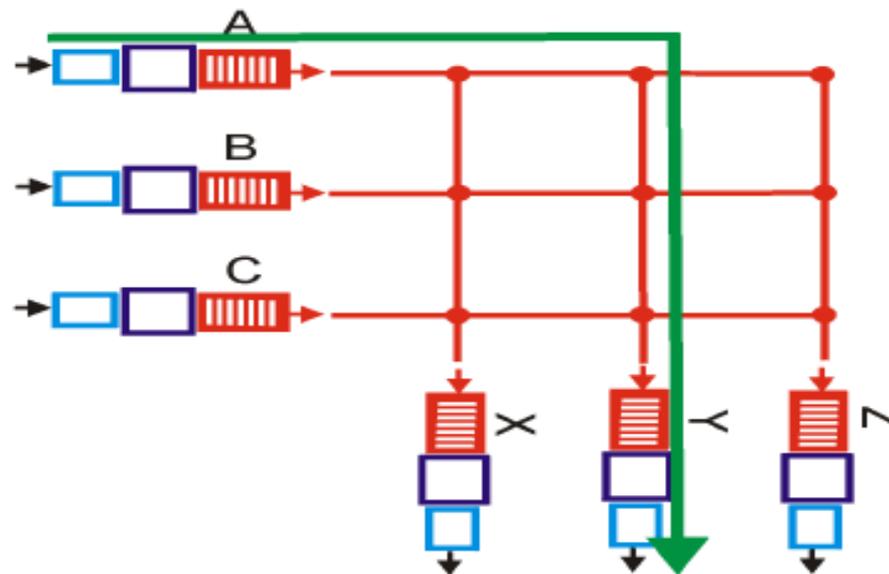


# Comutação por uma rede de Interconexão (*Crossbar*)

- Basicamente uma rede dentro do roteador.
- Desenvolvida para vencer a limitação da largura de banda da comutação por barramento.
- É uma rede de interconexão que consistem em  $2n$  barramentos, conectando  $n$  portas de entrada a  $n$  portas de saída.

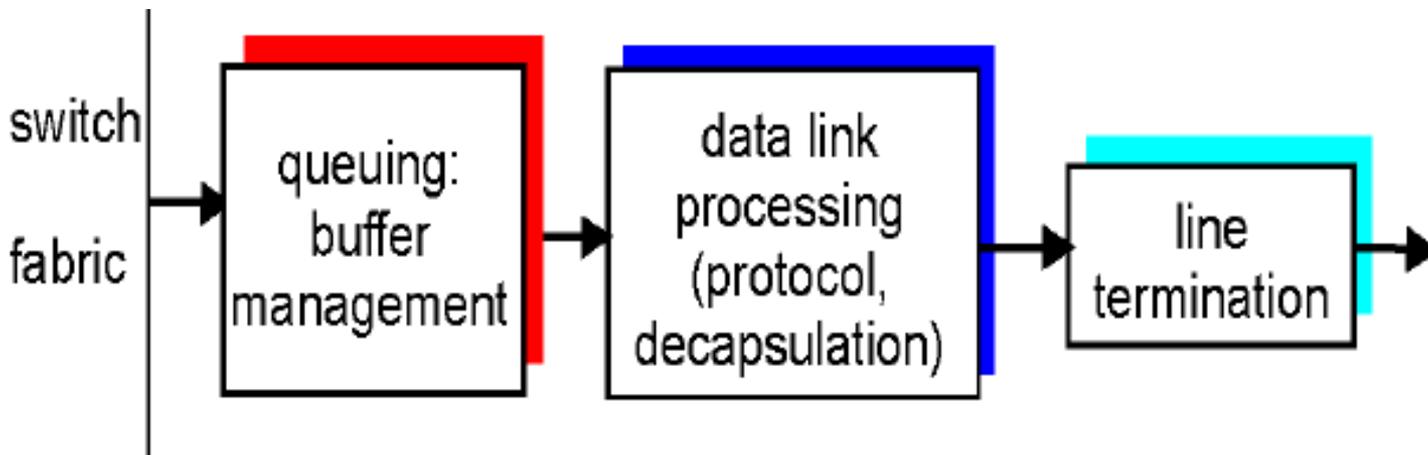
## Rede de Computadores

- Uma tendência atual é fragmentar um datagrama IP de comprimento variável em células de comprimento fixo, marcar e comutar as células por meio da rede de interconexão.



# Portas de Saída

- O processamento de portas de saída pega os pacotes que foram armazenados na memória da porta de saída, encapsula e transmite pelo enlace de saída.



# Formação de Filas

- Quando o tamanho da fila supera a capacidade de armazenamento do buffer ocorre a perda de pacotes.
- O local real da perda do pacote dependerá da carga do tráfego, da velocidade relativa do elemento de comutação e da taxa da linha.

## ● Taxa do elemento de comutação

- Taxa na qual o elemento de comutação pode movimentar pacotes de portas de entrada à portas de saída.

## ● Escalonador de pacotes na porta de saída

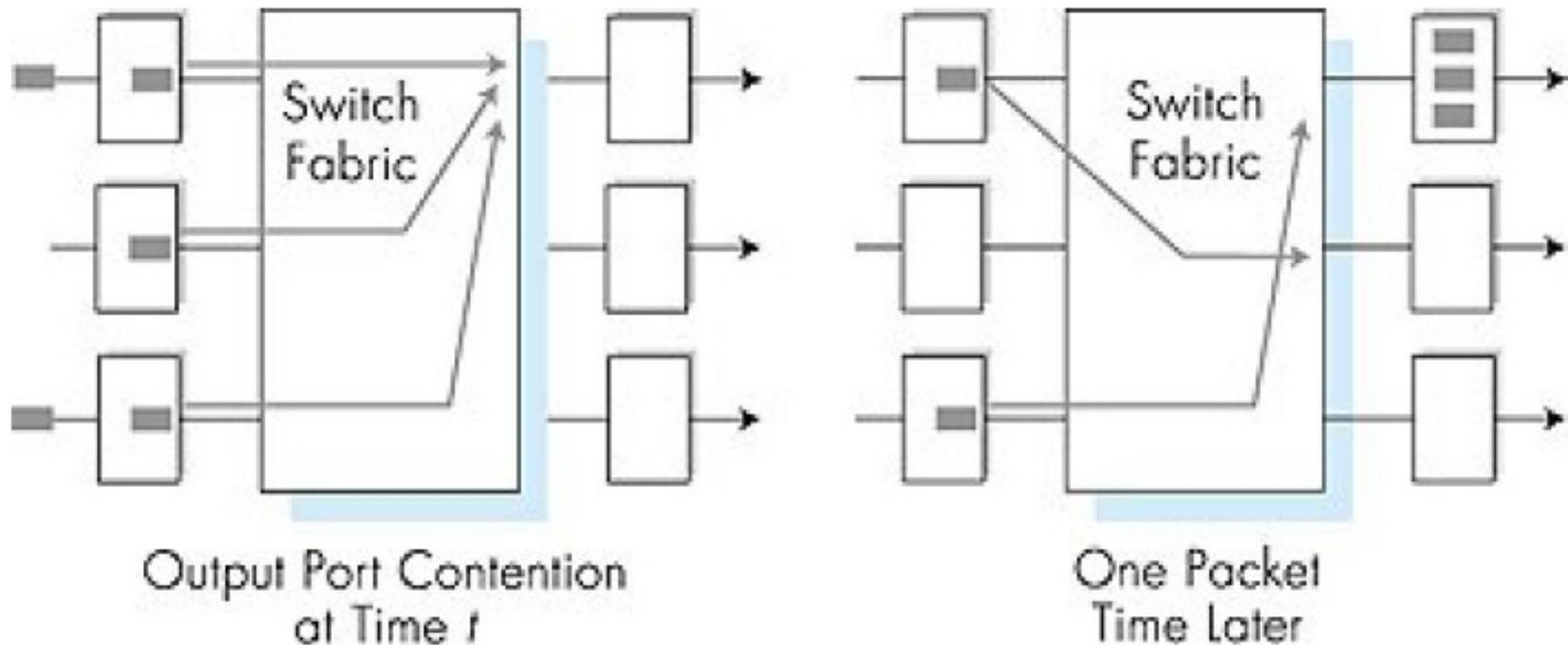
- Baseado na própria ordem da fila (FCFS)
- Fila ponderada justa (*Weighted Fair Queuing* – WFQ), compartilha o enlace de saída com justiça entre as diferentes conexões fim-a-fim quem têm pacotes na fila para transmissão.
- Crucial para o fornecimento de garantia de qualidade de serviço.

## Rede de Computadores

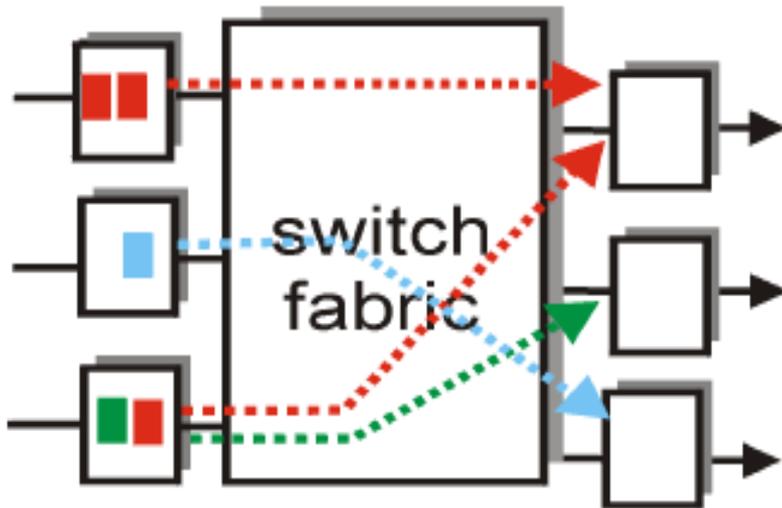
- Formas de evitar estouro do buffer:
  - Gerenciamento ativo de fila (*Active Queue Management – AQM*).
  - Detecção aleatória rápida (*Ramdon Early Detection - RED*).

## Rede de Computadores

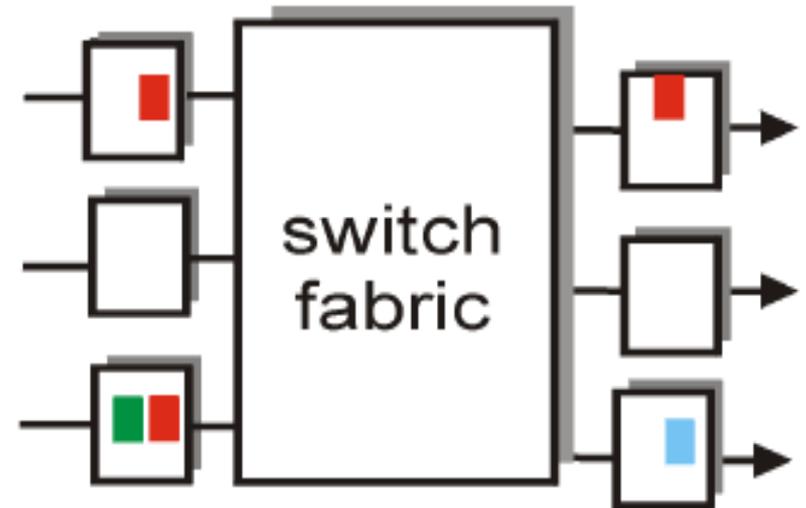
# Fila na Porta de Saída



# Fila na Porta de Entrada



output port contention  
at time  $t$  - only one red  
packet can be transferred



green packet  
experiences HOL blocking