



# Módulo 7: Comutação Ethernet

Introdução às redes v7.0 (ITN)



# Objetivos do módulo

**Título do módulo:** comutação Ethernet

**Objetivo do módulo:** Explique como a Ethernet funciona em uma rede comutada.

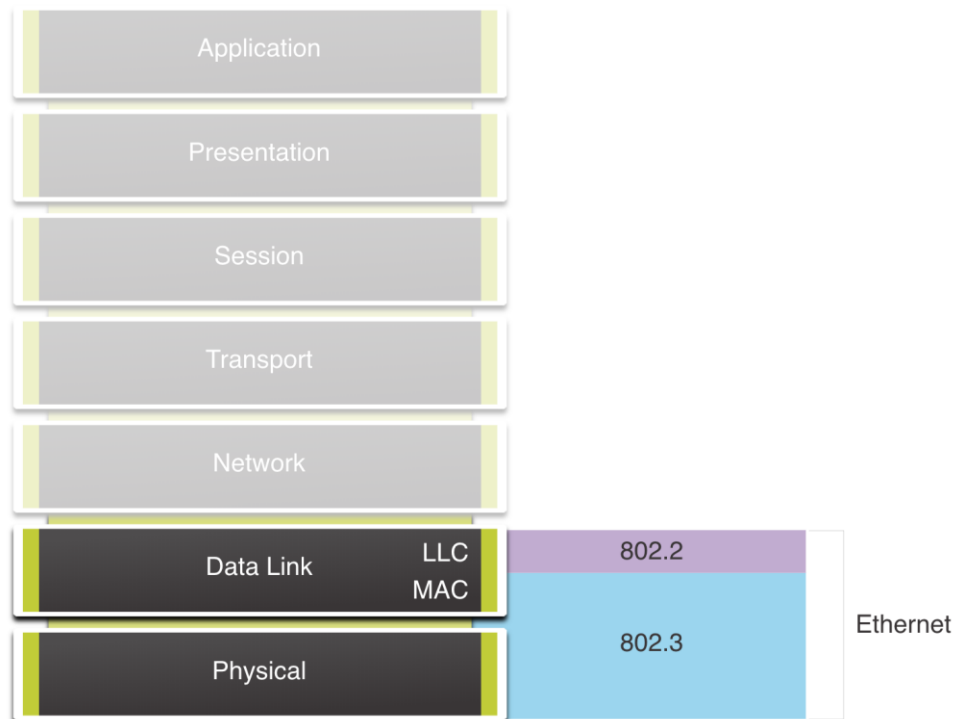
Título do Tópico	Objetivo do Tópico
Quadro Ethernet	Explicar como as subcamadas da Ethernet se relacionam com os campos do quadro.
Endereços MAC Ethernet	Descrever o endereço MAC da Ethernet.
A tabela de endereços MAC	Explicar como um switch cria sua tabela de endereços MAC e encaminha os quadros.
Métodos de encaminhamento e velocidades de switches	Descrever os métodos de encaminhamento de switch e as configurações da porta disponíveis nas portas de switch de camada 2.

# 7.1 Quadros Ethernet

# Quadro Ethernet

## Encapsulamento Ethernet

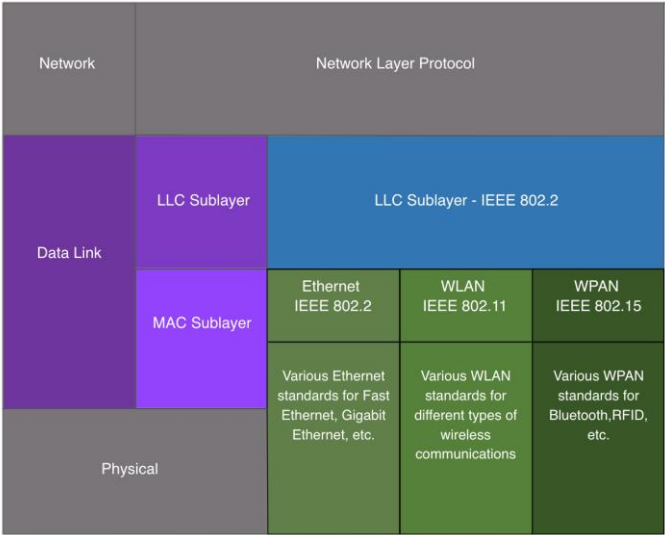
- Ela opera na camada de enlace de dados e na camada física.
- É uma família de tecnologias de rede definidas nos padrões IEEE 802.2 e 802.3.



# Subcamadas de link de dados de quadros Ethernet

Os padrões LAN/MAN 802, incluindo Ethernet, usam duas subcamadas separadas da camada de link de dados para operar:

- **Subcamada LLC:** (IEEE 802.2) Coloca informações no quadro para identificar qual protocolo de camada de rede é usado para o quadro.
- **Sublayer MAC:** (IEEE 802.3, 802.11 ou 802.15) Responsável pelo encapsulamento de dados e controle de acesso a mídia e fornece endereçamento de camada de link de dados.



# Quadro Ethernet

## Subcamada MAC

A subcamada MAC é responsável pelo encapsulamento de dados e acesso à mídia.

### Encapsulamento de dados

O encapsulamento de dados IEEE 802.3 inclui o seguinte:

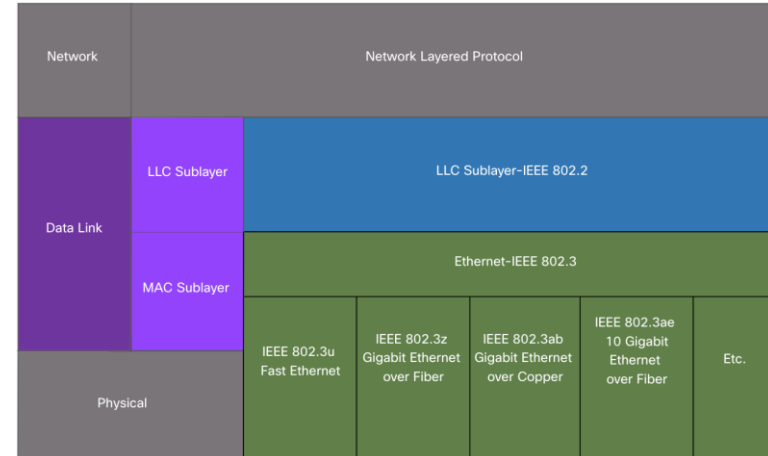
1. **Quadro Ethernet** - Esta é a estrutura interna do quadro Ethernet.
2. **Endereçamento Ethernet** - O quadro Ethernet inclui um endereço MAC de origem e de destino para fornecer o quadro Ethernet da NIC Ethernet para a NIC Ethernet na mesma LAN.
3. **Detecção de erro Ethernet** - O quadro Ethernet inclui um trailer de sequência de verificação de quadros (FCS) usado para detecção de erros.

# Quadro Ethernet

## Subcamada MAC

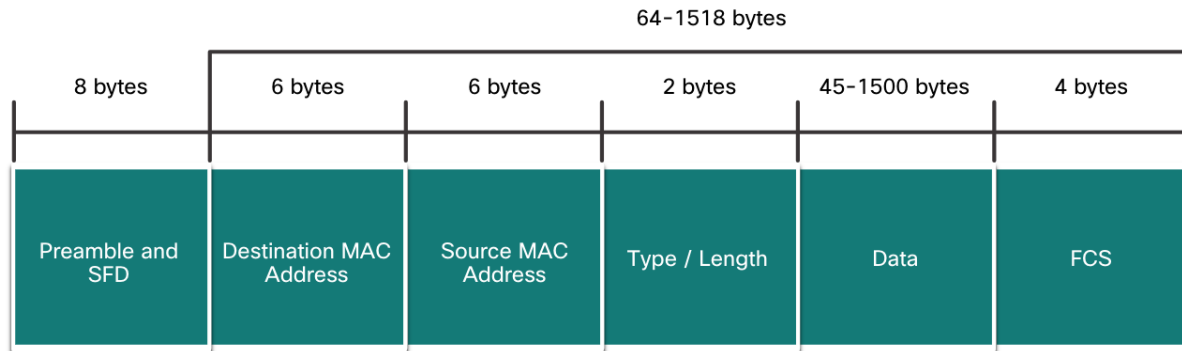
### Acesso à mídia

- A subcamada MAC IEEE 802.3 inclui as especificações para diferentes padrões de comunicação Ethernet em vários tipos de mídia, incluindo cobre e fibra.
- Ethernet herdada usando uma topologia de barramento ou hubs, é um meio compartilhado, semi-duplex. Ethernet sobre um meio half-duplex usa um método de acesso baseado em contenção, detecção de múltiplos acessos/colisões (CSMA/CD).
- As LANs Ethernet de hoje usam switches que operam em full-duplex. As comunicações full-duplex com switches Ethernet não exigem controle de acesso através do CSMA/CD.



# Campos do quadro Ethernet

- O tamanho mínimo de quadro Ethernet é 64 bytes e o máximo é 1518 bytes. O campo de preâmbulo não é incluído ao descrever o tamanho do quadro.
- Qualquer quadro com menos de 64 bytes de comprimento é considerado um "fragmento de colisão" ou "quadro de execução" e é automaticamente descartado. Quadros com mais de 1.500 bytes de dados são considerados "jumbo" ou "baby giant".
- Se o tamanho de um quadro transmitido for menor que o mínimo ou maior que o máximo, o dispositivo receptor descarta o quadro. É provável que quadros perdidos sejam resultado de colisões ou outros sinais indesejados. Eles são considerados inválidos. Os quadros jumbo geralmente são suportados pela maioria dos switches e NICs Fast Ethernet e Gigabit Ethernet.





# Lab - Use o Wireshark para examinar os quadros Ethernet

Neste laboratório, você cumprirá os seguintes objetivos:

- Parte 1: Examinar os campos do cabeçalho de um quadro Ethernet II
- Parte 2: Usar o Wireshark para capturar e analisar quadros Ethernet

## 7.2 Endereço MAC Ethernet

## Endereços Ethernet MAC

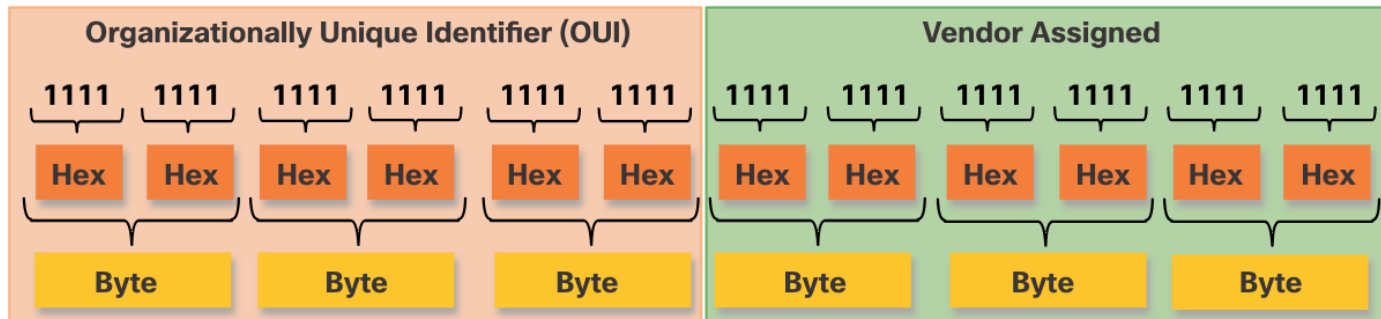
# Endereços MAC e hexadecimal

- Um endereço MAC Ethernet consiste em um valor binário de 48 bits, expresso usando 12 valores hexadecimais.
- Dado que 8 bits (um byte) é um agrupamento binário comum, os binários 00000000 a 11111111 podem ser representados em hexadecimal como o intervalo de 00 a FF,
- Ao usar hexadecimal, os zeros à esquerda são sempre exibidos para concluir a representação de 8 bits. Por exemplo, o valor binário 0000 1010 é representado em hexadecimal como 0A.
- Números hexadecimais são frequentemente representados pelo valor precedido por **0x** (por exemplo, 0x73) para distinguir entre valores decimal e hexadecimais na documentação.
- O hexadecimal também pode ser representado por um subscript 16, ou o número hexadecimal seguido por um H (por exemplo, 73H).

# Endereços Ethernet MAC

## Endereços MAC da Ethernet

- Em uma LAN Ethernet, todos os dispositivos de rede estão conectados à mesma mídia compartilhada. O MAC endereçável selecionou um método para identificar o dispositivo na camada de dados de dados do modelo OSI.
- Um endereço MAC Ethernet é um endereço de 48 bits expresso usando 12 dígitos hexadecimais. Como um byte é igual a 8 bits, também podemos dizer que um endereço MAC tem 6 bytes de comprimento.
- Todos os endereços MAC devem ser exclusivos do dispositivo Ethernet ou da interface Ethernet. Para garantir isso, todos os fornecedores que vendem dispositivos Ethernet devem se registrar no IEEE para obter um código hexadecimal exclusivo de 6 (ou seja, 24 bits ou 3 bytes) chamado identificador exclusivo organizacionalmente (OUI).
- Um endereço MAC Ethernet consiste em um código OUI de 6 fornecedor hexadecimal seguido de um 6 valor hexadecimal atribuído ao fornecedor



# Endereços Ethernet MAC

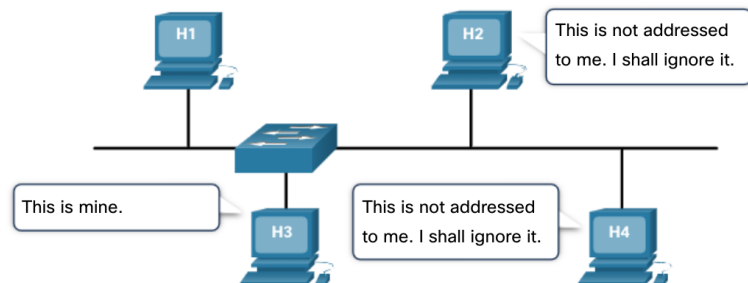
## Processamento de Quadros

- Quando um dispositivo está encaminhando uma mensagem para uma rede Ethernet, o cabeçalho Ethernet inclui um endereço MAC de origem e um endereço MAC de destino.
- Quando uma NIC recebe um quadro Ethernet, examina o endereço MAC de destino para verificar se corresponde ao endereço MAC físico armazenado na RAM. Se não houver correspondência, o dispositivo descartará o quadro. Caso haja, ele passará o quadro para cima nas camadas OSI, onde o processo de desencapsulamento ocorre.

**Nota:** As NICs Ethernet também aceitarão quadros se o endereço MAC de destino for uma transmissão ou um grupo multicast do qual o host seja membro.

- Qualquer dispositivo que seja a origem ou o destino de um quadro Ethernet terá uma NIC Ethernet e, portanto, um endereço MAC. Isso inclui estações de trabalho, servidores, impressoras, dispositivos móveis e roteadores.

Destination Address	Source Address	Data
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Encapsulated data
Frame Addressing		



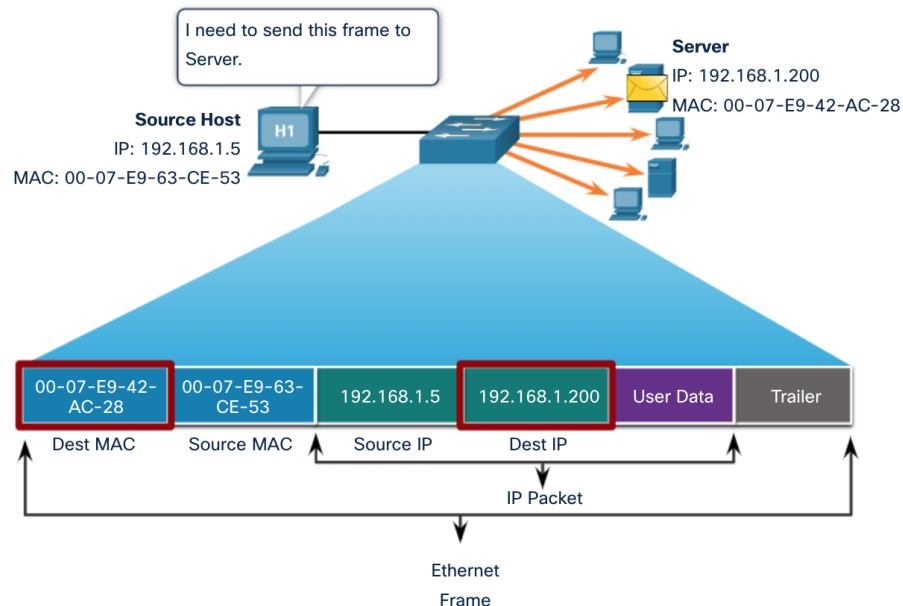
# Endereços Ethernet MAC

## Endereços MAC unicast

Na Ethernet, são utilizados diferentes endereços MAC para comunicação unicast, broadcast e multicast da Camada 2.

- Um endereço MAC de unicast é o endereço exclusivo usado quando um quadro é enviado de um único dispositivo de transmissão para um único dispositivo de destino.
- O processo que um host de origem usa para determinar o endereço MAC de destino associado a um endereço IPv4 é conhecido como ARP (Address Resolution Protocol). O processo que um host de origem usa para determinar o endereço MAC de destino associado a um endereço IPv6 é conhecido como ND (Neighbour Discovery Protocol).

**Nota:** O endereço MAC de origem deve sempre ser um unicast.

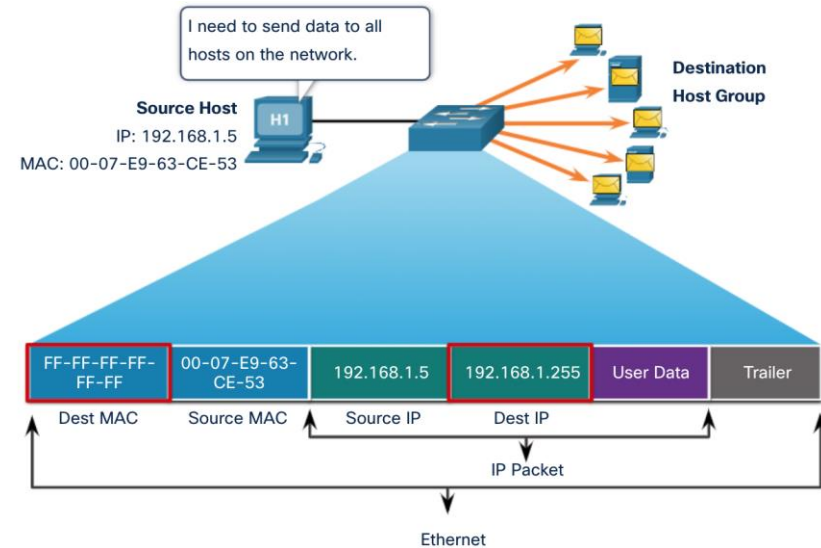


# Endereços Ethernet MAC

## Endereços MAC broadcast

Um quadro de transmissão Ethernet é recebido e processado por cada dispositivo na LAN Ethernet. Os recursos de uma transmissão Ethernet são os seguintes:

- Possui um endereço MAC de destino de FF-FF-FF-FF-FF-FF em hexadecimal (48 endereços em binário).
- É inundada todas as portas de switch Ethernet, exceto a porta de entrada. Ele não é encaminhado por um roteador.
- Se os dados encapsulados forem um pacote de transmissão IPv4, isso significa que o pacote contém um endereço IPv4 de destino que possui todos os 1s na parte do host. Essa numeração no endereço significa que todos os hosts naquela rede local (domínio de broadcast) receberão e processarão o pacote.

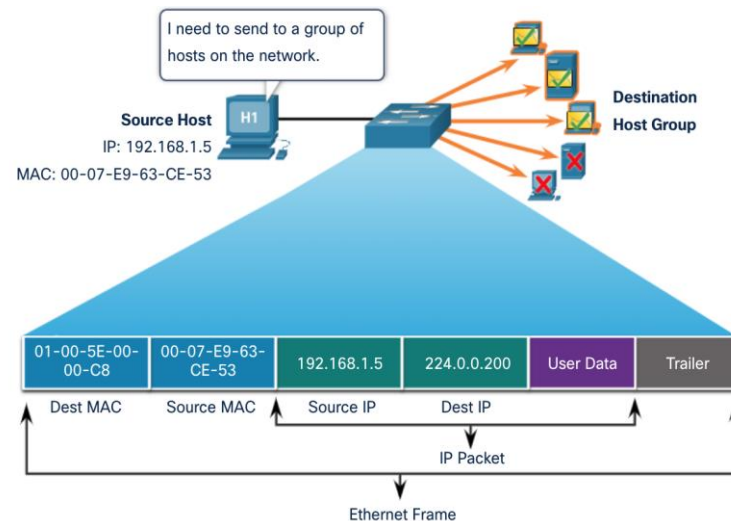


# Endereços Ethernet MAC

## Endereços MAC Multicast

Um quadro de multicast Ethernet é recebido e processado por um grupo de dispositivos que pertencem ao mesmo grupo de multicast.

- Há um endereço MAC de destino 01-00-5E quando os dados encapsulados são um pacote multicast IPv4 e um endereço MAC de destino de 33-33 quando os dados encapsulados são um pacote multicast IPv6.
- Há outros endereços MAC de destino multicast reservados para quando os dados encapsulados não são IP, como Spanning Tree Protocol (STP).
- É inundada todas as portas de switch Ethernet, exceto a porta de entrada, a menos que o switch esteja configurado para espionagem multicast. Ele não é encaminhado por um roteador, a menos que o roteador esteja configurado para rotear pacotes multicast.
- Como os endereços multicast representam um grupo de endereços (às vezes chamado de grupo de hosts), eles só podem ser utilizados como destino de um pacote. A origem sempre será um endereço unicast.
- Assim como nos endereços unicast e broadcast, o endereço IP multicast requer um endereço MAC multicast correspondente.





# Endereços Ethernet MAC

## Laboratório – Exibição de endereços MAC de dispositivos de rede

Neste laboratório, você cumprirá os seguintes objetivos:

- Parte 1: Configurar a Topologia e Inicializar os Dispositivos
- Parte 2: Configurar dispositivos e verificar a conectividade
- Parte 3: Exibir, descrever e analisar endereços MAC Ethernet

# 7.3 A tabela de endereços MAC

## A tabela de endereços MAC

# Fundamentos do switch

- Um switch Ethernet da camada 2 usa endereços MAC da camada 2 para tomar decisões de encaminhamento. Desconhece completamente os dados (protocolo) que estão sendo transportados na parte de dados do quadro, como um pacote IPv4, uma mensagem ARP ou um pacote ND IPv6. O switch toma decisões de encaminhamento com base apenas nos endereços MAC Ethernet da camada 2.
- Um switch Ethernet examina sua tabela de endereços MAC para tomar uma decisão de encaminhamento para cada quadro, ao contrário dos hubs Ethernet herdados que repetem bits em todas as portas, exceto a porta de entrada.
- Quando um switch é ativado, a tabela de endereços MAC fica vazia

**Nota:** A tabela de endereços MAC às vezes é chamada de tabela de memória endereçável de conteúdo (CAM).

# Aprendizagem e encaminhamento do computador de endereços MAC

## Examine o endereço MAC de origem (Aprenda)

Todo quadro que entra em um switch é verificado quanto ao aprendizado de novas informações. Isso é feito examinando o endereço MAC de origem do quadro e o número da porta em que o quadro entrou no comutador. Se o endereço MAC de origem não existe, é adicionado à tabela juntamente com o número da porta de entrada. Se o endereço MAC de origem existe, o switch atualiza o timer de atualização dessa entrada. Por padrão, a maioria dos switches Ethernet mantém uma entrada na tabela por 5 minutos.

**Nota:** Se o endereço MAC de origem existir na tabela, mas em uma porta diferente, o switch tratará isso como uma nova entrada. A entrada é substituída usando o mesmo endereço MAC, mas com o número de porta mais atual.

# Aprendizagem e encaminhamento da tabela de endereços MAC (Contd.)

## Localizar o endereço MAC de destino (Encaminhar)

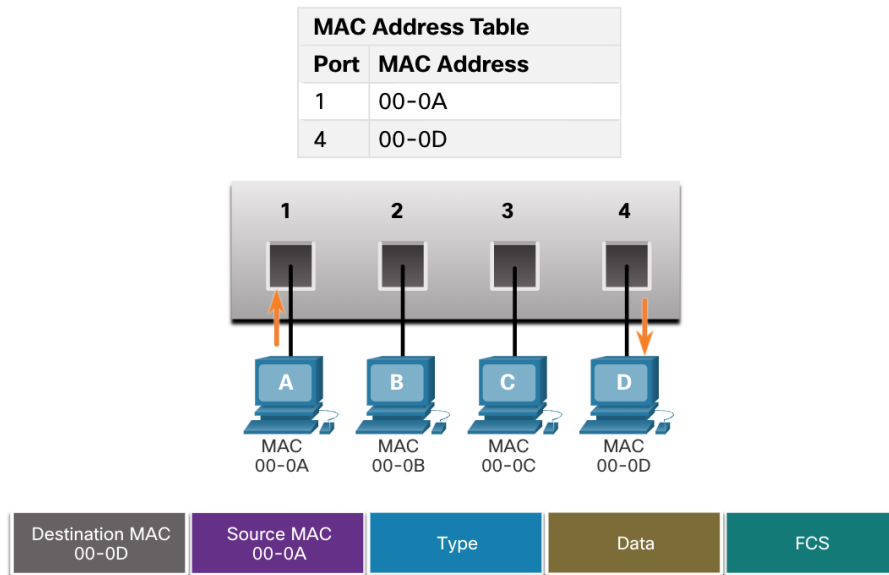
Se o endereço MAC de destino for um endereço unicast, o comutador procurará uma correspondência entre o endereço MAC de destino do quadro e uma entrada em sua tabela de endereços MAC. Se o endereço MAC de destino estiver na tabela, ele encaminhará o quadro pela porta especificada. Se o endereço MAC de destino não estiver na tabela, o switch encaminhará o quadro por todas as portas, exceto a de entrada. Isso é chamado de unicast desconhecido.

**Nota:** Se o endereço MAC de destino for uma transmissão ou multicast, o quadro também será inundado em todas as portas, exceto a porta de entrada.

# A tabela de endereços MAC

## Filtragem de quadros

A medida que um switch recebe quadros de dispositivos diferentes, ele é capaz de preencher sua tabela de endereços MAC examinando o endereço MAC de origem de cada quadro. Quando a tabela de endereços MAC do switch contém o endereço MAC de destino, ele pode filtrar o quadro e encaminhar uma única porta.



## Demonstração em vídeo - Tabelas de endereço MAC em switches conectados

Este vídeo aborda o seguinte:

- Como os switches criam tabelas de endereços MAC
- Como os quadros de encaminhamento são baseados no conteúdo de suas tabelas de endereços MAC

# Demonstração em vídeo - Envio de um quadro para o gateway padrão

Este vídeo aborda o seguinte:

- O que um switch faz quando o endereço AMC de destino não está listado na tabela de endereços MAC do switch.
- O que um switch faz quando o endereço AMC de origem não está listado na tabela de endereços MAC do switch



# Laboratório – Exibição de endereços MAC do switch

Neste laboratório, você cumprirá os seguintes objetivos:

- Parte 1: Criar e Configurar a Rede
- Parte 2: Examinar a Tabela de Endereços MAC do Switch

# 7.4 Velocidades do comutador e métodos de encaminhamento

# Métodos de encaminhamento de quadros nos switches da Cisco

Os switches usam um dos seguintes métodos de encaminhamento para o switching (comutação) de dados entre suas interfaces de rede:

- **Comutação de armazenamento e encaminhamento** - Este método de encaminhamento de quadros recebe o quadro inteiro e calcula o CRC. Se o CRC é válido, o switch procura o endereço de destino, que determina a interface de saída. Em seguida, o quadro é encaminhado para fora da porta correta.
- **Comutação de corte** - Esse método de encaminhamento de quadros encaminha o quadro antes de ser totalmente recebido. Pelo menos o endereço de destino do quadro deve ser lido para que o quadro possa ser encaminhado.
- Uma grande vantagem da troca de armazenamento e encaminhamento é que ele determina se um quadro tem erros antes de propagar o quadro. Quando um erro é detectado em um quadro, o switch o descarta. O descarte de quadros com erros reduz o consumo de largura de banda por dados corrompidos.
- A comutação de armazenamento e encaminhamento é necessária para a análise de qualidade de serviço (QoS) em redes convergentes onde a classificação de quadros para priorização de tráfego é necessária. Por exemplo, os fluxos de dados de voz sobre IP (VoIP) precisam ter prioridade sobre o tráfego de navegação na web.

## Métodos de encaminhamento de switch

# Switches cut-through

No switching cut-through, o switch atua nos dados assim que eles são recebidos, mesmo que a transmissão não tenha sido concluída. O switch armazena em buffer apenas o quadro suficiente para ler o endereço MAC de destino, para que possa determinar para qual porta deve encaminhar os dados. O switch não realiza nenhuma verificação de erros no quadro.

Há duas formas de switching cut-through:

- **Comutação de avanço rápido** - Oferece o menor nível de latência encaminhando imediatamente um pacote após a leitura do endereço de destino. Como o switching fast-forward começa o encaminhamento antes de receber todo o pacote, alguns pacotes podem ser retransmitidos com erros. A NIC de destino descarta o pacote defeituoso após o recebimento. Switching fast-forward é o método cut-through típico de switching.
- **Comutação sem fragmentos** - Um compromisso entre a alta latência e a alta integridade da comutação de armazenamento e encaminhamento e a baixa latência e a integridade reduzida da comutação de avanço rápido, o comutador armazena e executa uma verificação de erro nos primeiros 64 bytes do quadro antes de encaminhar. Como a maioria dos erros de rede e colisões ocorrem durante os primeiros 64 bytes, isso garante que uma colisão não ocorreu antes de encaminhar o quadro.

# Velocidades do Switch e métodos de encaminhamento

## Buffer de memória em Switches

Um comutador Ethernet pode usar uma técnica de buffer para armazenar quadros antes de encaminhá-los ou quando a porta de destino estiver ocupada devido ao congestionamento.

Método	Descrição
<b>Memória por porta</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Os quadros são armazenados em filas vinculadas a portas específicas de entrada e saída.</li><li>• Um quadro é transmitido para a porta de saída somente quando todos os quadros à frente na fila foram transmitidos com êxito.</li><li>• É possível que um único quadro atrase a transmissão de todos os quadros na memória caso uma porta de destino esteja ocupada.</li><li>• Esse atraso ocorre mesmo se os outros quadros puderem ser transmitidos para portas de destino que estejam livres.</li></ul>
<b>Memória compartilhada</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deposita todos os quadros em um buffer de memória comum compartilhado por todas as portas do switch e a quantidade de memória buffer necessária por uma porta é alocada dinamicamente.</li><li>• Os quadros no buffer são dinamicamente vinculados à porta de destino, permitindo que um pacote seja recebido em uma porta e depois transmitido em outra porta, sem movê-lo para uma fila diferente.</li></ul>

- O buffer de memória compartilhada também resulta em quadros maiores que podem ser transmitidos com menos quadros descartados. Isso é importante com a comutação assimétrica, que permite taxas de dados diferentes em portas diferentes. Portanto, mais largura de banda pode ser dedicada a determinadas portas (por exemplo, porta do servidor).

## Alternar configurações de velocidade e métodos de encaminhamento

# Duplex e velocidade

Duas das configurações mais básicas de um switch são as configurações de largura de banda ("velocidade") e duplex para cada porta de switch individual. É fundamental que as configurações de duplex e largura de banda correspondam entre a porta do switch e os dispositivos conectados.

Há dois tipos de configurações duplex usadas para comunicação em uma rede Ethernet:

- **Full-duplex** - As duas extremidades da conexão podem enviar e receber simultaneamente.
- **Half-duplex** - Somente uma extremidade da conexão pode enviar por vez.

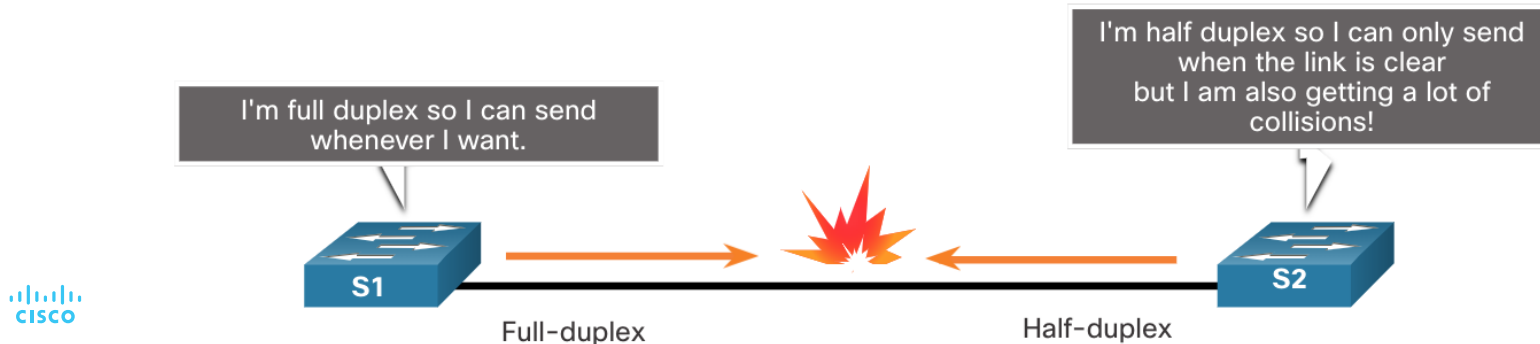
A negociação automática é uma função opcional encontrada na maioria dos switches Ethernet e das placas de interface de rede (NICs). Ele permite que dois dispositivos negociem automaticamente as melhores capacidades de velocidade e duplex.

**Nota:** As portas Gigabit Ethernet operam apenas em full-duplex.

## Alternar configurações de velocidade e métodos de encaminhamento

# Duplex e velocidade

- A incompatibilidade duplex é uma das causas mais comuns de problemas de desempenho nos links Ethernet 10/100 Mbps. Ela ocorre quando uma porta no link opera em half-duplex, enquanto a outra porta opera em full-duplex.
- Isso pode ocorrer quando uma ou ambas as portas em um link são redefinidas e o processo de negociação automática não resulta nos dois parceiros de link com a mesma configuração.
- Também pode ocorrer quando os usuários reconfiguram um lado de um link e esquecem de reconfigurar o outro. Os dois lados de um link devem estar ambos com a negociação automática ligada ou desligada. A prática recomendada é configurar ambas as portas de switch Ethernet como full-duplex.



## Alternar velocidades e métodos de encaminhamento

# Auto-MDIX

As conexões entre dispositivos exigiram uma vez o uso de um cabo cruzado ou direto. O tipo de cabo necessário dependia do tipo de dispositivos de interconexão.

**Observação:** Uma conexão direta entre um roteador e um host requer uma conexão cruzada.

- A maioria dos dispositivos de switch agora suporta o recurso de (Auto-MDIX) interface dependente automática. Quando ativado, o switch detecta automaticamente o tipo de cabo conectado à porta e configura as interfaces de acordo.
- O recurso auto-MDIX é ativado por padrão em switches que executam o Cisco IOS Release 12.2 (18) SE ou posterior. No entanto, o recurso pode ser desativado. Por esse motivo, você sempre deve usar o tipo de cabo correto e não confiar no recurso Auto-MDIX.
- O Auto-MDIX pode ser reativado usando o comando **mdix auto** interface configuration.



# 7.5 - Módulo Prática e Quiz

# O que aprendi neste módulo?

- Ela opera na camada de enlace de dados e na camada física. Os padrões Ethernet definem os protocolos da Camada 2 e as tecnologias da Camada 1.
- Ethernet usa as subcamadas LLC e MAC da camada de link de dados para operar.
- Os campos de quadro Ethernet são: preâmbulo e delimitador de quadro inicial, endereço MAC de destino, endereço MAC de origem, EtherType, dados e FCS.
- O endereçamento MAC fornece um método para identificação de dispositivo na camada de enlace de dados do modelo OSI.
- Um endereço MAC Ethernet é um endereço de 48 bits expresso usando 12 dígitos hexadecimais ou 6 bytes.
- Quando um dispositivo está encaminhando uma mensagem para uma rede Ethernet, o cabeçalho Ethernet inclui os endereços MAC de origem e de destino. Na Ethernet, são utilizados diferentes endereços MAC para comunicação unicast, broadcast e multicast da Camada 2.

# O que aprendi neste módulo? (Continuação)

- Um switch Ethernet da camada 2 toma suas decisões de encaminhamento com base apenas nos endereços MAC da camada 2 Ethernet.
- O switch cria a tabela de endereços MAC dinamicamente examinando o endereço MAC de origem dos quadros recebidos em uma porta.
- O switch encaminha quadros procurando uma correspondência entre o endereço MAC de destino no quadro e uma entrada na tabela de endereços MAC.
- Os switches usam um dos seguintes métodos de encaminhamento para alternar dados entre portas de rede: comutação de armazenamento e encaminhamento ou comutação de corte. Duas variantes de troca de corte são avanço rápido e sem fragmentos.
- Dois métodos de armazenamento em buffer de memória são memória baseada em porta e memória compartilhada.
- Existem dois tipos de configurações duplex usadas para comunicações em uma rede Ethernet: full-duplex e half-duplex.

