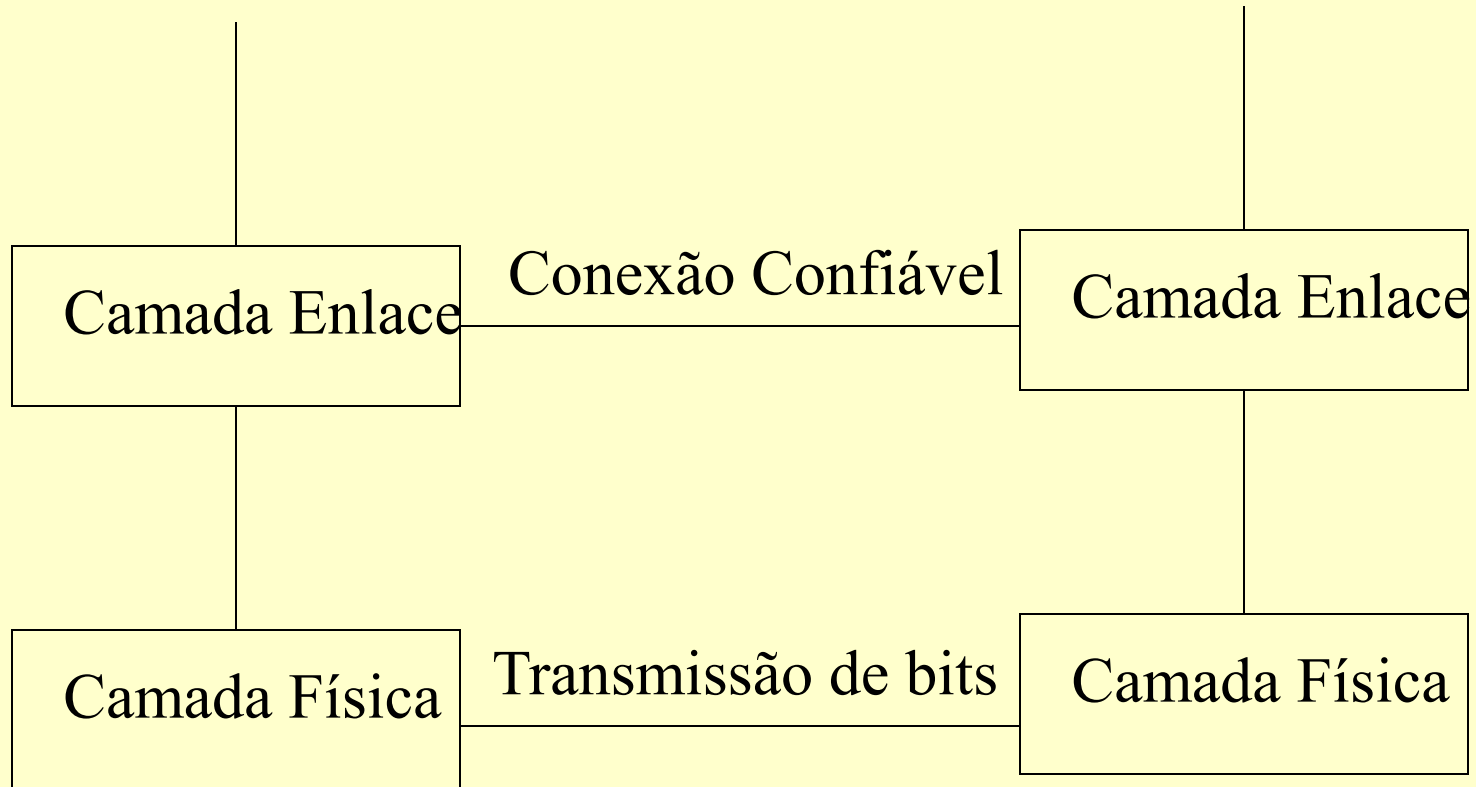


Redes de enlace Direto

Prof. Dr. S. Motoyama

Capítulo 2 do livro-texto

- Estudo das duas camadas mais baixas:

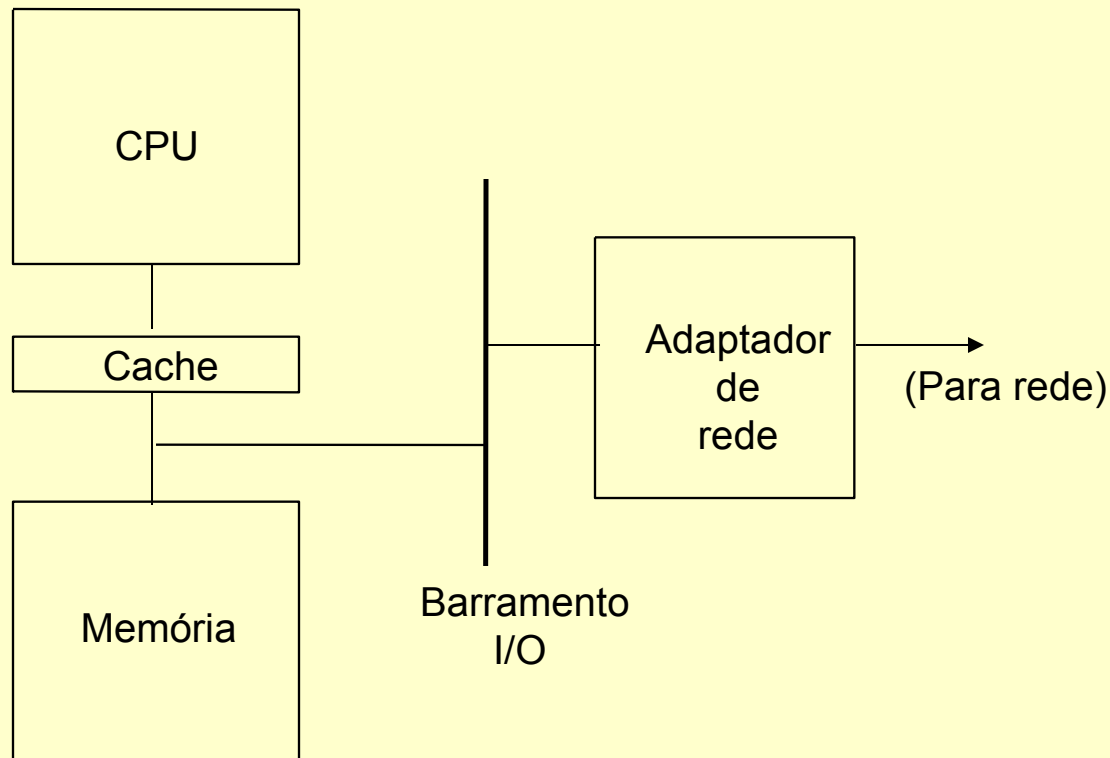


Problemas de Conexão Direta

- Redes de Enlace Direto: enlaces ponto-a-ponto ou meio compartilhado
- Cinco problemas:
 - Sincronização de bits
 - Sincronização de quadros
 - Detecção de erros
 - Serviço de enlace Confiável
 - Controle de acesso múltiplo (apenas para meio compartilhado)

Alguns hardwares de rede

- Nós de rede
 - Switches e roteadores: (hardware altamente especializado)
 - Hospedeiros (Hosts): (computadores de uso geral)



Hospedeiro de redes

- Adaptadores de rede e drivers de dispositivo
- Todas as funcionalidades descritas neste capítulo, com exceção de esquema ARQ, são implementadas no adaptador de rede.
 - O driver de dispositivo faz a interface entre o adaptador de rede e o sistema operacional (OS).
- Aumentos de desempenho espetaculares em latência de memória e velocidade do processador. Entretanto, o aumento é menor em memórias.
 - Um hospedeiro roda na velocidade da memória e não na velocidade do processador.

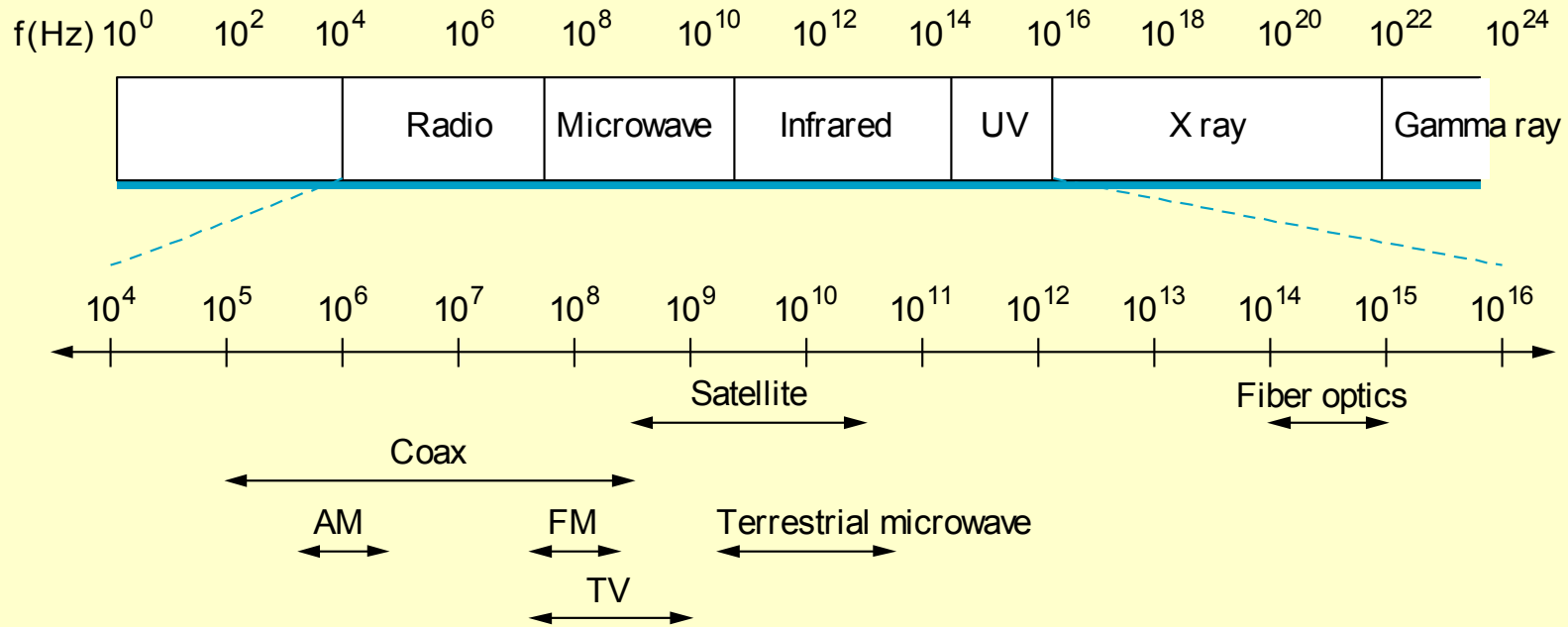
Enlaces de rede

- Um enlace de rede é um meio físico que transporta sinais na forma de ondas eletromagnéticas.
- Cabos:
 - Enlaces locais (escritórios, labs, campus): pares trançados (twisted pairs), cabos coaxiais (coaxial cables), e fibras ópticas (optical fibers).
 - Linhas alugadas das operadoras: E1, T1, T3; e OC-N, onde $N = 1, 3, 9, 12, 18, 24, \dots$
 - Enlaces para residências: POTS, ISDN, xDSL, CATV, ATM, etc.
 - Sem fio (Wireless): rádio, microondas, infra-vermelho, luz

Enlaces de rede

- Em geral, um pacote pode caminhar em diferentes tipos de enlaces.
 - O enlace mais lento determina a vazão fim-a-fim.
- Largura de banda
 - Faixa estreita vs. faixa larga (ISDN vs. B-ISDN)
 - Aumento de faixa pode ser conseguido operando em uma faixa de frequência maior ou no aumento da relação sinal-para-ruído
 - O limite superior da taxa de dados do enlace é dado por:
 $B \times \log_2(1 + S/N)$

Enlaces de rede



- Bluetooth é baseado em radio-freqüência global (RF) padrão, operando na portadora de 2.4 GHz com faixa de 1 Mbps
- Telefone móvel 3G : faixa de 2,500MHz-2,690MHz

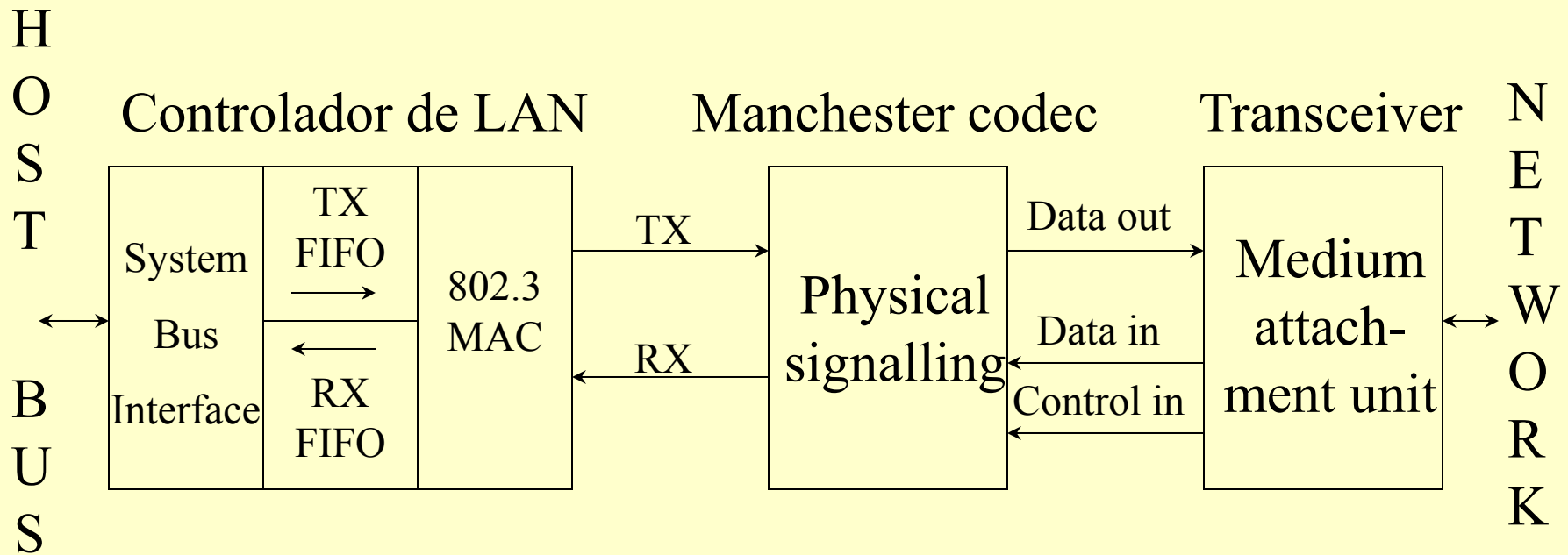
Enlaces de rede

- Transmissão de bits binários em um enlace físico (transmissão serial de bits):
 - Codificação de bits antes da transmissão.
 - Com finalidade de sincronização de bits
 - Modulação: um processo em que uma propriedade ou um parâmetro (frequência, amplitude, fase) de um sinal é variado em proporção a um segundo sinal.
 - Codificação de dados binários em sinais eletromagnéticos.
 - Sinais são transportados na forma de ondas eletromagnéticas.

Os cinco problemas

- Suponha que os esquemas de modulação sejam dados.
- Cinco problemas:
 - Sincronização de bit (é necessária uma codificação adicional de dados, como codificação de Manchester para delinear bits)
 - Sincronização de quadro (frame) (são necessários protocolos adicionais para delinear quadros)
 - Detecção de erro (são necessários algoritmos adicionais para detectar erros, em caso de ocorrência)
 - Serviço confiável de enlace (são necessários esquemas adicionais de recuperação de erros)
 - Problema de controle de acessos múltiplos (apenas para meios compartilhados; são necessários protocolos adicionais para compartilhar o meio)

Um adaptador de rede Ethernet



TX – transmissão

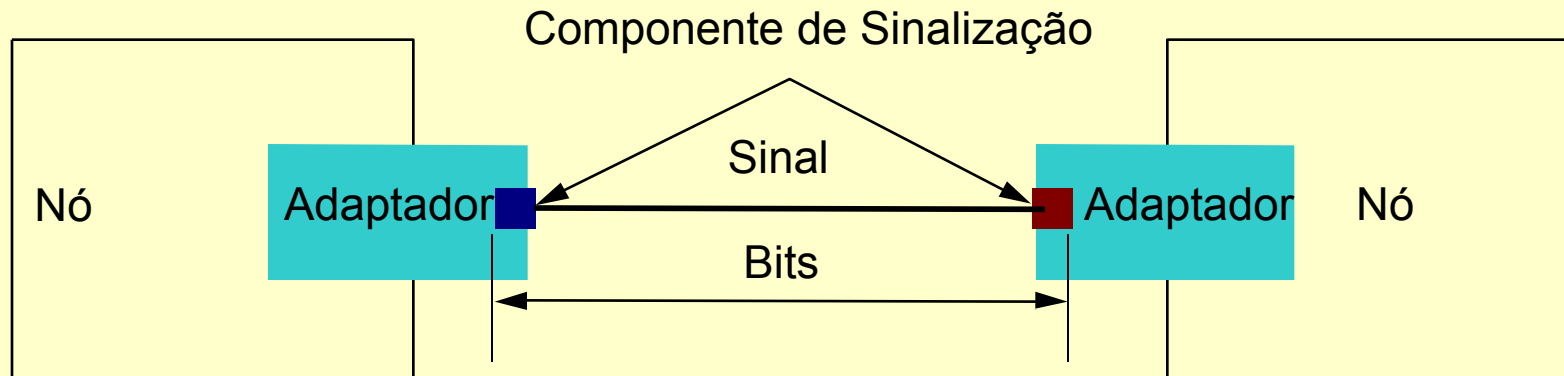
RX – recepção

Codec – codificação e decodificação

Transceiver – transmissor e receptor

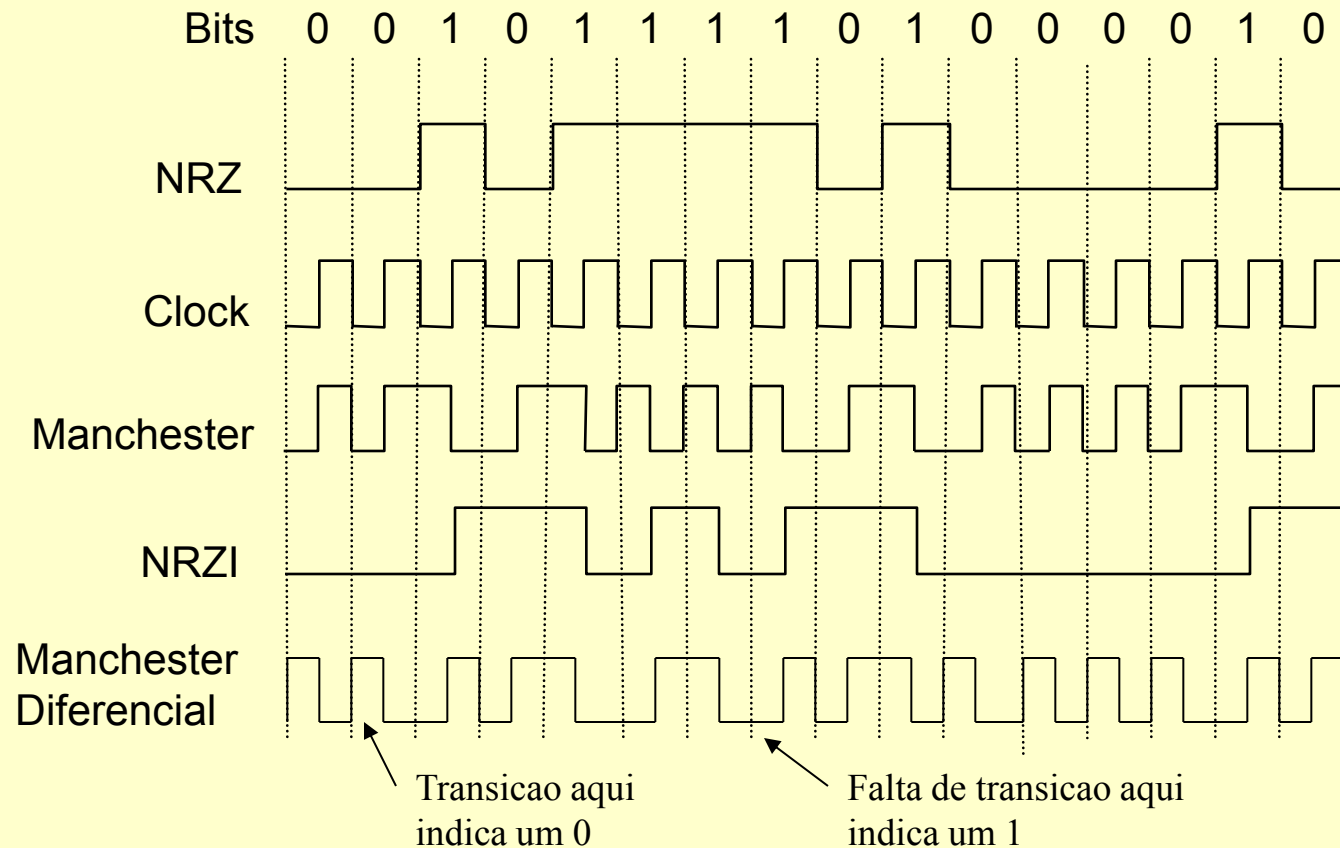
Problema 1: Sincronização de bit (BS)

- Problema: Como um receptor sincroniza com o transmissor, de modo que os bits possam ser decodificados corretamente dos sinais?



BS: Métodos de codificação

- Suponha que dois sinais discretos, alto e baixo, são usados para codificar 0s e 1s.
- Soluções: NRZ, NRZI, Manchester, e 4B/5B:



BS: NRZ e NRZI

- Não retorno a zero (NRZ)
 - 0: um sinal baixo; 1: um sinal alto
 - Problemas:
 - Perda de linha de base. O receptor mantém um nível médio dos sinais para decidir se 0 ou 1. Se houver uma seqüência só de 0s ou 1s, o receptor perderá esta referência.
 - Não permite recuperação de relógio no receptor.
- Não retorno a zero invertido (NRZI)
 - 1: faz uma transição do sinal atual; 0: permanece no sinal atual.
 - Problema: O problema de ter 0s consecutivos permanece.

BS: codificação Manchester

- Codificação Manchester
 - 0: transição baixo para alto; 1: transição alto para baixo (resultado de Or-exclusivo de codificação NRZ com o relógio)
 - Vantagem: proporciona transições suficientes para sincronização de bits.
 - Desvantagem: dobra a taxa de transições de sinais.
 - Taxa de baud é a taxa que o sinal varia. Neste caso, a taxa de baud é o dobro da taxa de dados.

BS: codificação 4B/5B

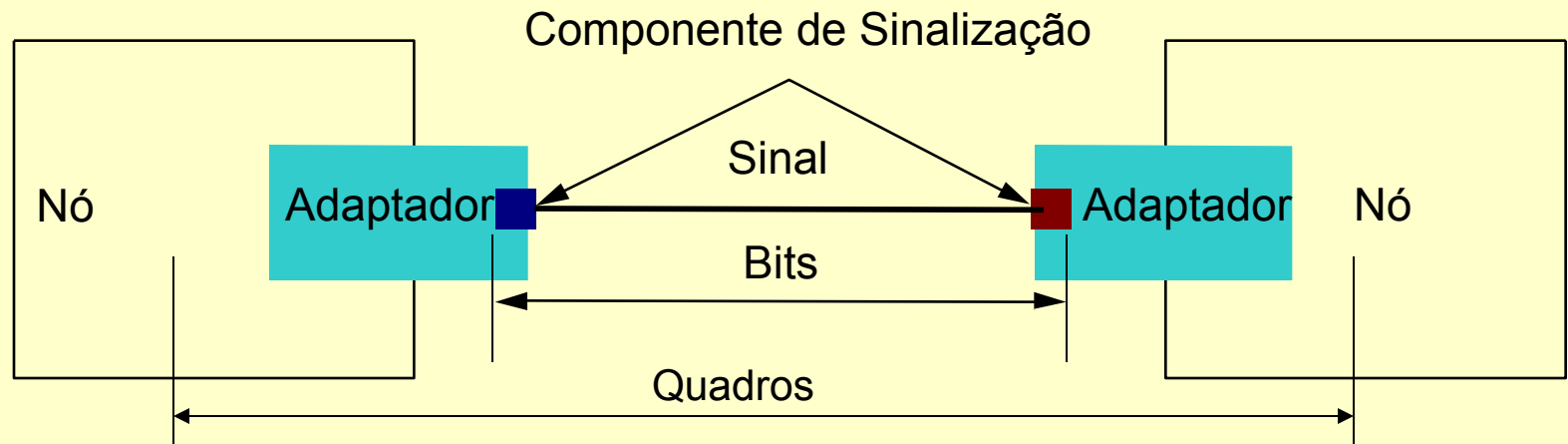
- Codificação 4B/5B
 - Insere um bit a cada conjunto de quatro bits de dados, de modo que interrompe a seqüência longa de 0s ou 1s
 - Cada código deve ter não mais do que um zero no início e nem mais do que dois zeros no fim.
 - Por ex., 00110 e 01000 não são usados.
 - Os dados codificados não contém mais do que 3 zeros consecutivos.
 - O código resultante de 5 bits é transmitido usando a codificação NRZI.

BS: codificação 4B/5B

Data	5-bit codes
• 0000	11110
• 0001	01001
• 0010	10100
• 0011	10101
• 0100	01010
• 0101	01011
• 0110	01110
• 0111	01111
• 1000	10010
• 1001	10011
• 1010	10110
• 1011	10111
• 1100	11010
• 1101	11011
• 1110	11100
• 1111	11101

Problema 2: sincronização de quadros (FS)

- Problema: Dado que um receptor pode sincronizar com os bits do transmissor, como o receptor irá reconhecer os bits pertencentes ao mesmo quadro?



FS: IP sobre Ethernet

- Por exemplo, quando um datagrama IP é enviado para um adaptador de rede Ethernet, o datagrama é transmitido como um quadro Ethernet.

Dest address	Src address	Type	Data	CRC
-----------------	----------------	------	------	-----

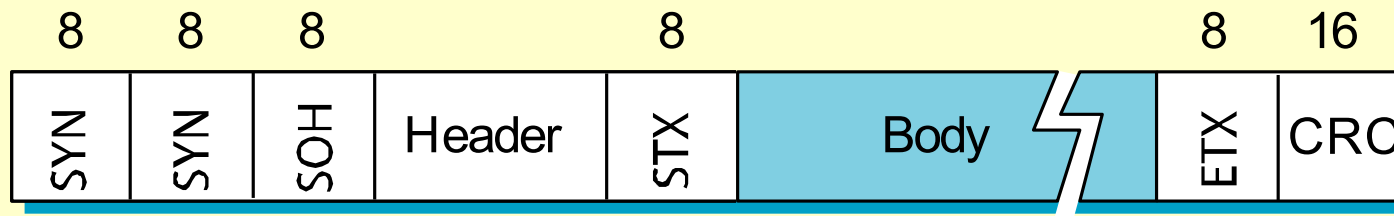
Type	IP datagram
------	-------------

FS: Várias soluções

- Protocolos orientados a bytes (ex., BISYNC, DDCMP, PPP)
 - Unidades de dados em termos de bytes (ASCII, EBCDIC)
 - Abordagem de sentinela versus abordagem de contagem de bytes.
- Protocolos orientados a bits (ex. HDLC, Ethernet)
 - Abordagem de sentinela
- Enquadramento baseado em relógio (SONET)
 - Tratamento dos problemas de codificação e de enquadramento

Protocolo orientado a bytes

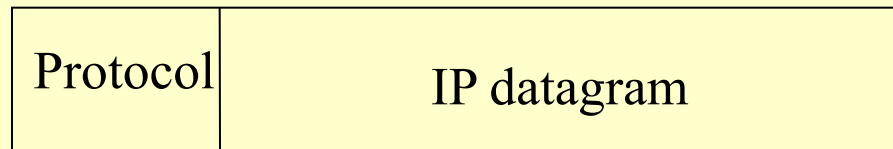
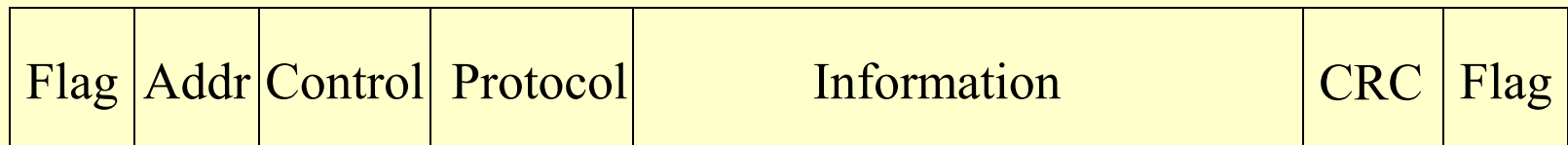
- Abordagem de sentinela para enquadramento
- Um caractere especial 01111110 (SYN) serve como um caractere de início de texto.
- SOH – início de cabeçalho.
- STX e ETX – inicio e fim do texto (corpo)



- ETX pode aparecer no texto. Introduz caracteres de escape
- Preenchimento de caractere :
 - Antes do ETX introduz caractere DLE.
 - Antes de DLE introduz um outro DLE

Protocolo orientado a bytes

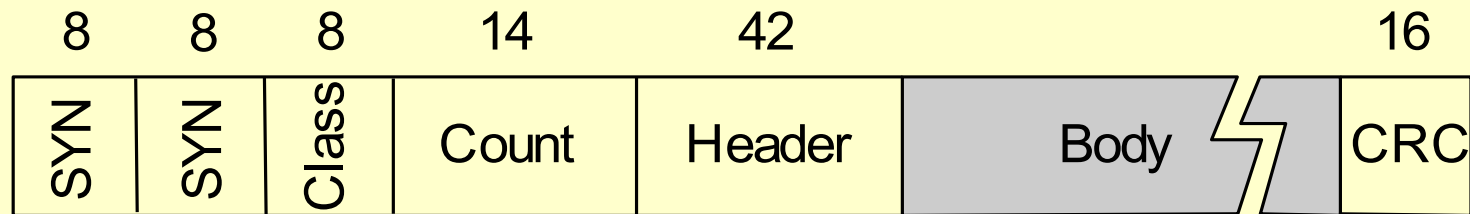
- Estrutura de quadro do PPP



- Flag – 01111110
- Addr e control – fins de controle
- Protocol – tipo de protocolo de alto nível (IP ou IPX)
- CRC - verificação de erro
- O tamanho de quadro pode variar. LCP (link control protocol) é utilizado para negociação inicial.

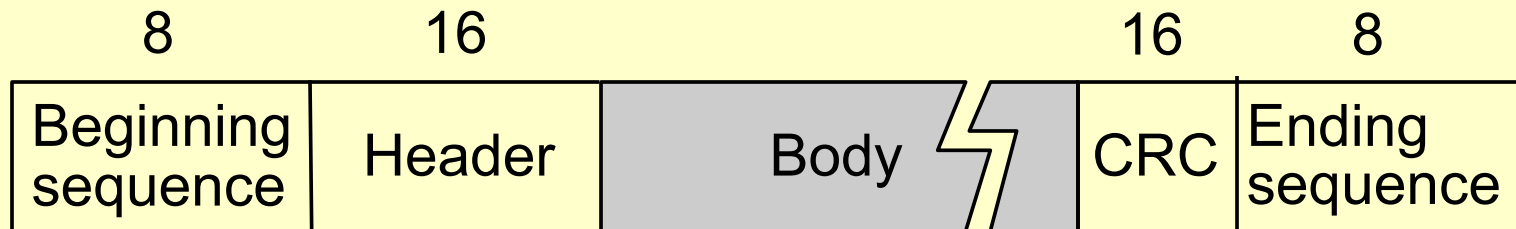
Protocolo orientado a bytes

- Abordagem de contagem de bytes. Exemplos:
DECNET's DDCMP
 - Os caracteres SYNs são utilizados para sincronismo de caracteres.
 - O campo COUNT especifica quantos bytes estão contidos no quadro.



Protocolo orientado a bits

- Por ex., o protocolo High-Level Data Link Control (HDLC)
 - Uma seqüência especial de bits 01111110 é transmitida quando o enlace está vazio.
 - Quando esta seqüência aparece em dados é utilizada a técnica de preenchimento de bits (bit stuffing).



Protocolo orientado a bits : bit stuffing

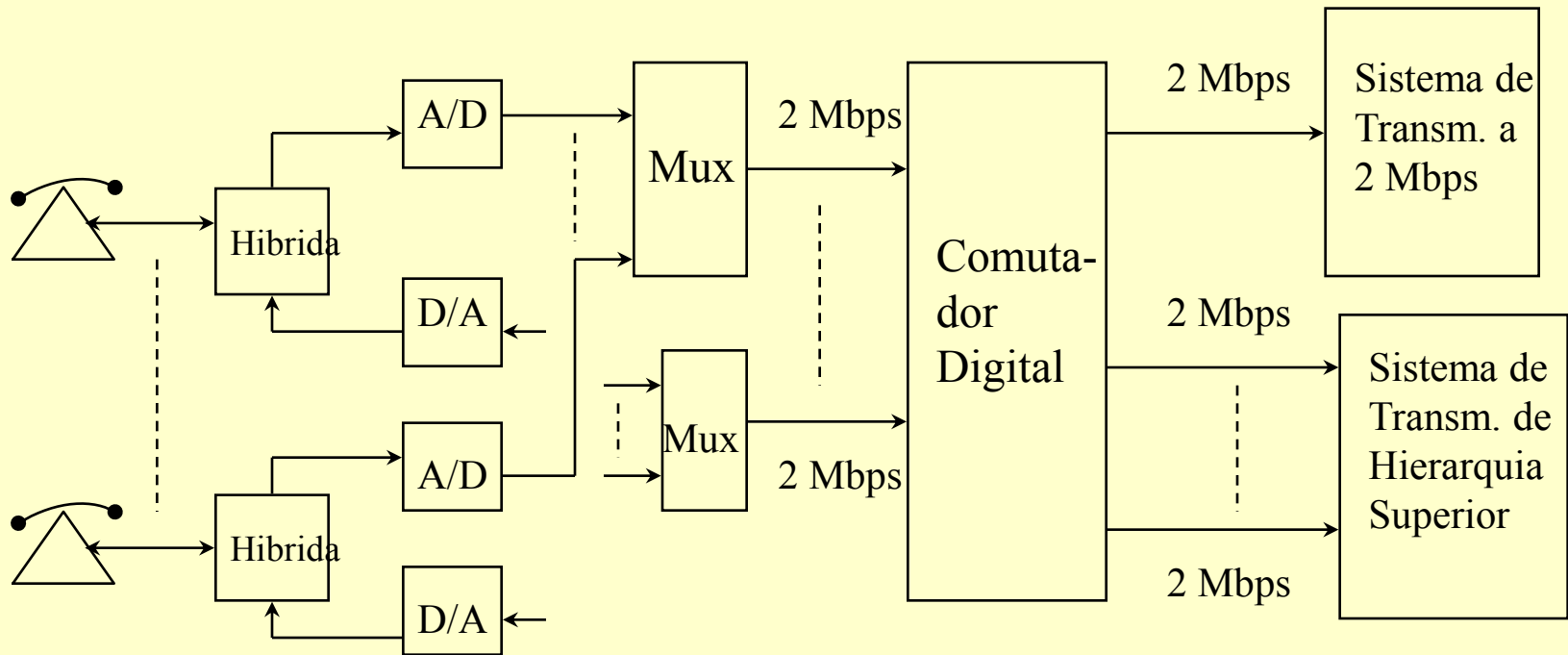
- Do lado do transmissor:
 - À exceção da transmissão da seqüência especial 01111110, o zero é inserido depois de 5 consecutivos 1s.
- Do lado do receptor:
 - Se chegam cinco 1s consecutivos,
 - Se o próximo bit é 0, deve ser um bit preenchido, portanto deve ser removido.
 - Se o próximo bit é 1,
 - Se o próximo bit é 0, então a seqüência indica o final de quadro.
 - Se o próximo bit é 1, então deve haver um erro, e o quadro todo é descartado.

Protocolo orientado a bits : bit stuffing

- Por exemplo,
 - Fluxo de bits original:
 - 0110111111111111111111110010
 - Depois do preenchimento pela fonte:
 - 011011111**0**11111**0**11111**0**10010
 - Depois de “despreenchimento” pelo receptor:
 - 0110111111111111111111110010
- O que acontece se há erros na transmissão
 - Ocorreu em bits preenchidos?
 - Ocorreu em bits não preenchidos?

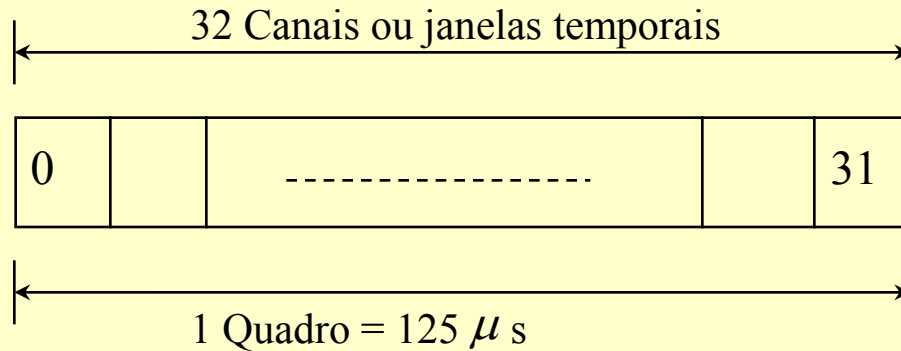
Enquadramento baseado em clock

Sistema de Transmissão Digital



Enquadramento baseado em clock

PCM - Estrutura de Quadro - Europa, Brasil



- 1 Canal para sincronismo (Canal 0).
- 1 Canal para sinalização (Canal 16).
- 30 Canais de voz.

Frequência de amostragem = 8 KHz = $125 \mu s$.

Número de bits por amostra ou canal = 8 bits.

Taxa de transmissão na linha = 8 KHz x 8 bits x 32 = 2 048 Kbits/seg.

Enquadramento baseado em clock

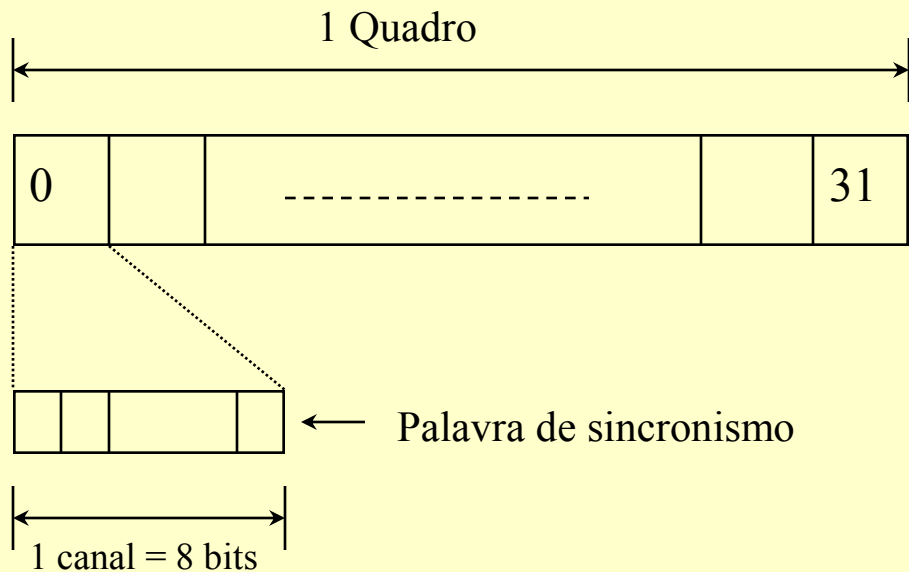
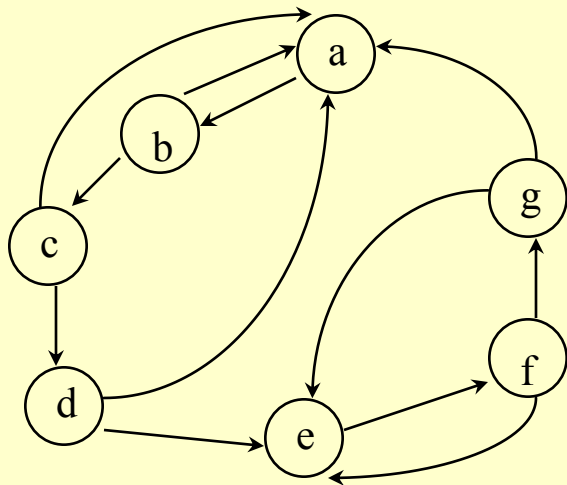


Diagrama de Transição para enquadramento



Estado a : em sincronismo

Estado b : palavra de sincronismo não detectada no quadro n

Estado c : palavra de sincronismo não detectada no quadro n + 1

Estado d : palavra de sincronismo não detectada no quadro n + 2

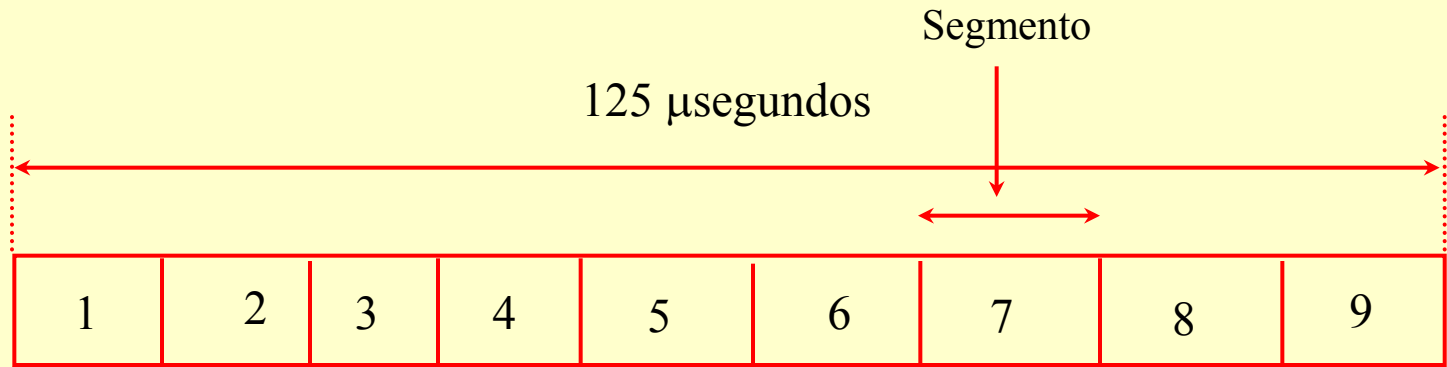
Estado e : fora de sincronismo (procura bit a bit)

Estado f : palavra de sincronismo detectada no quadro 0

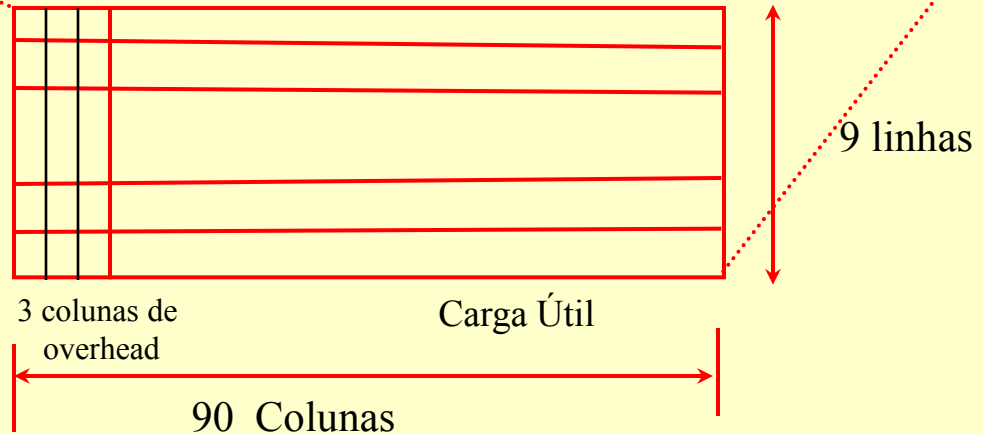
Estado g : palavra de sincronismo detectada no quadro 1

Estrutura do SONET - Quadro Básico

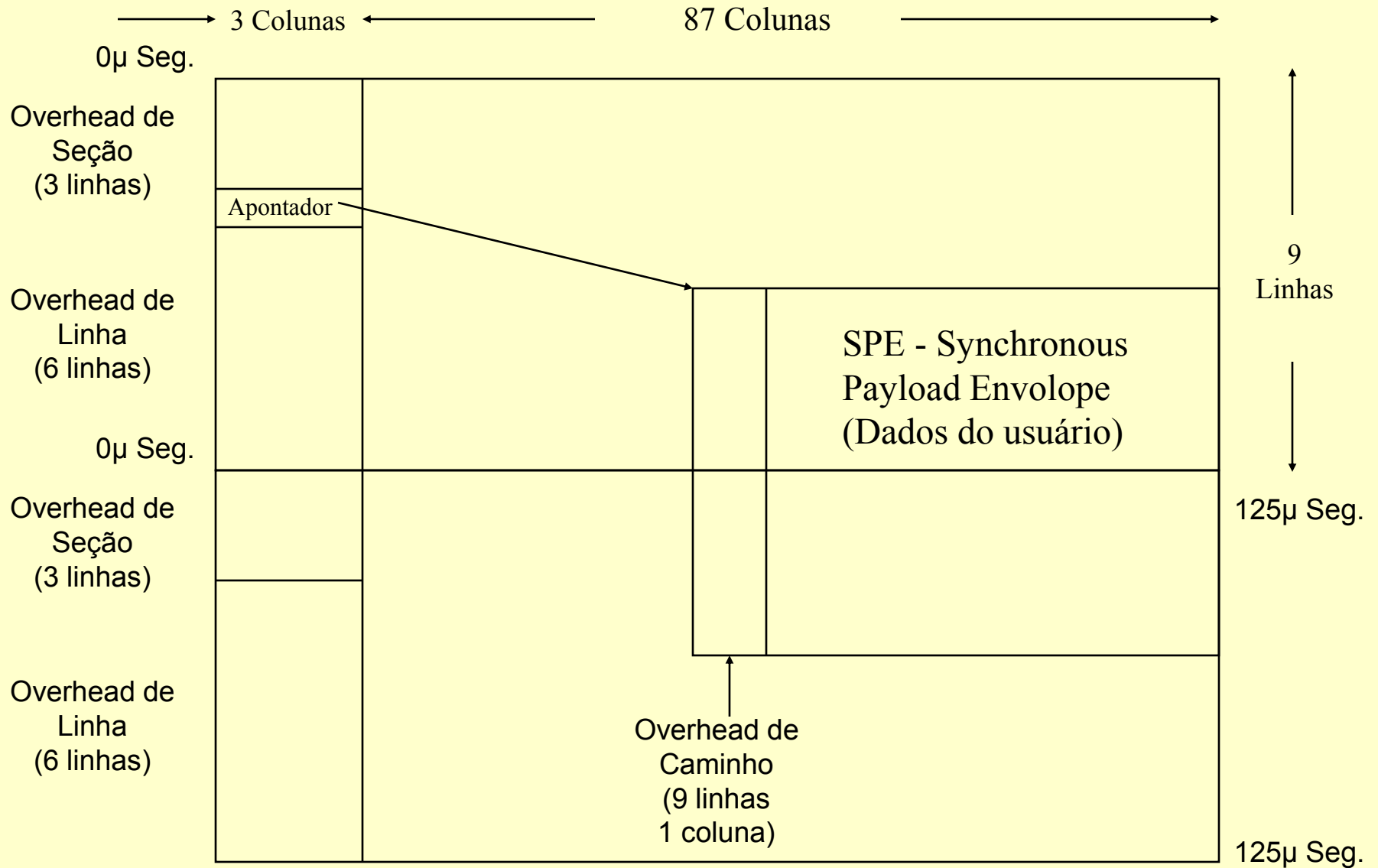
STS-1



1 coluna = 1 byte, equivalente a um canal de 64 Kbits/seg.
Taxa de transmissão =
 $= (90 \times 8 \times 9) / 125 \mu\text{seg}$
 $= 51,84 \text{ Mbits/seg}$

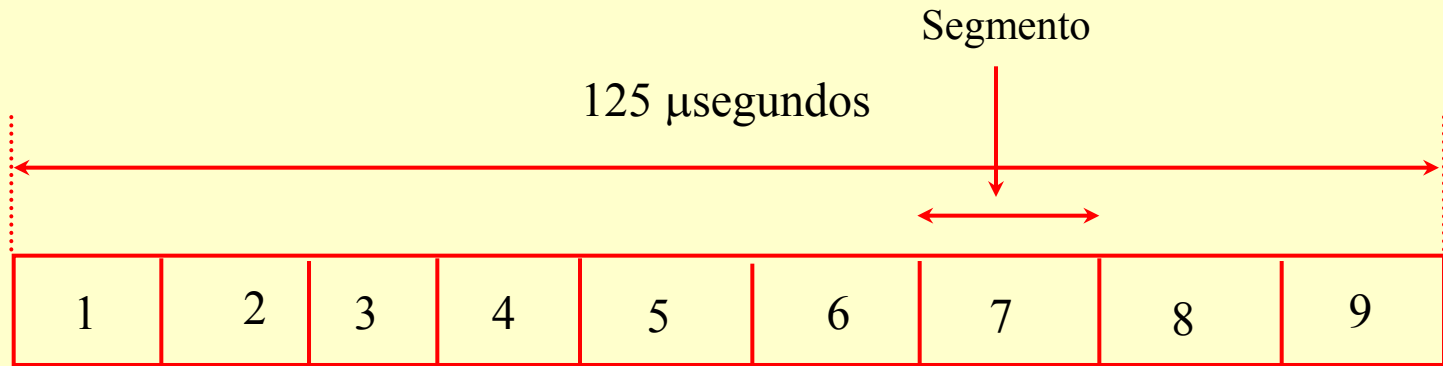


QUADROS SONET



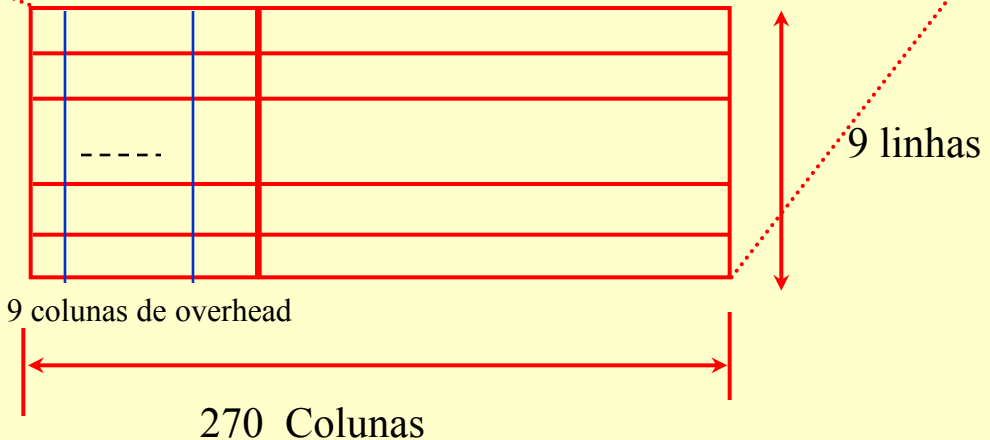
Estrutura de Quadro SDH

STM-1

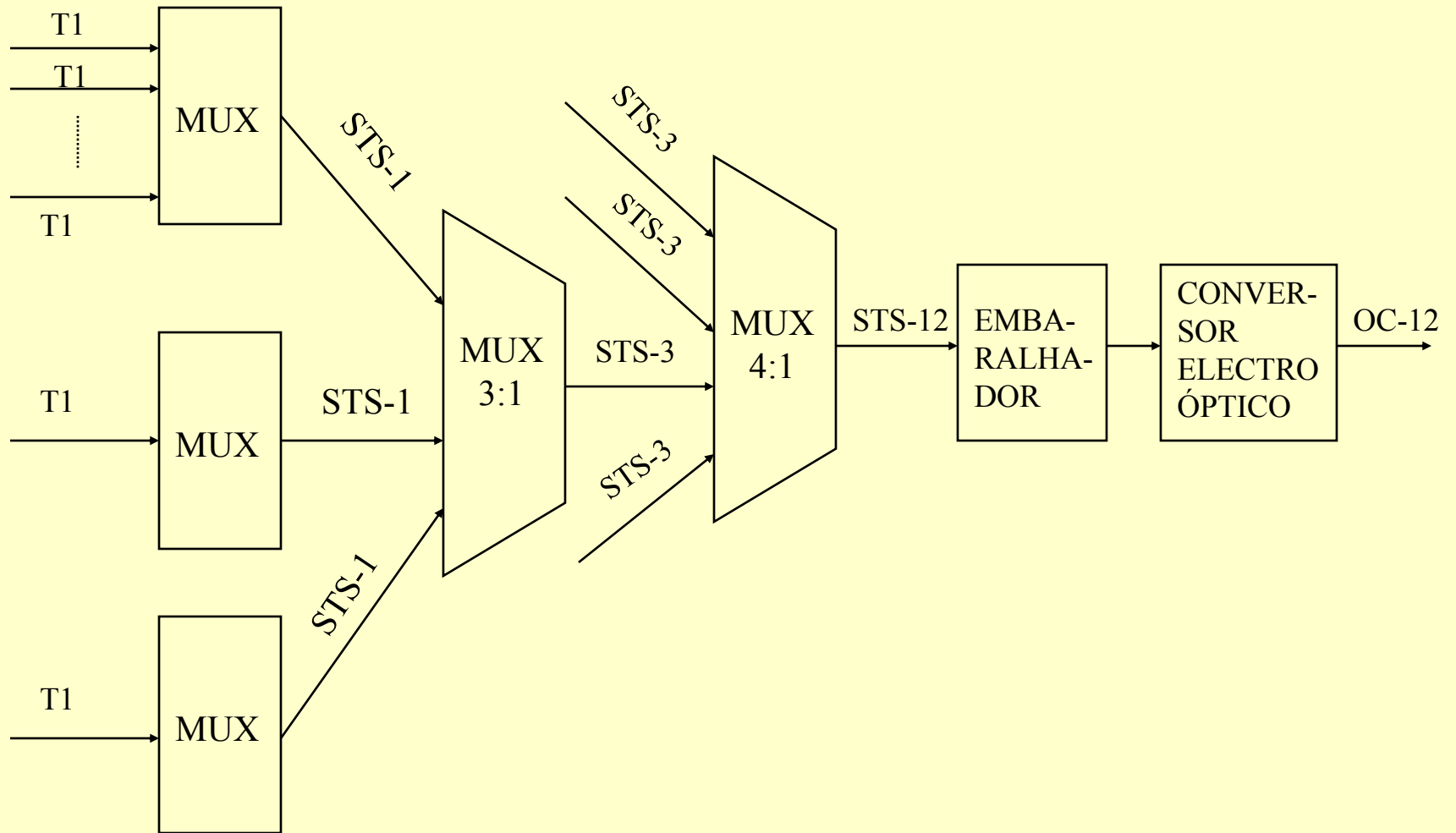


1 coluna = 1 byte, equivalente a um canal de 64 Kbits/seg.

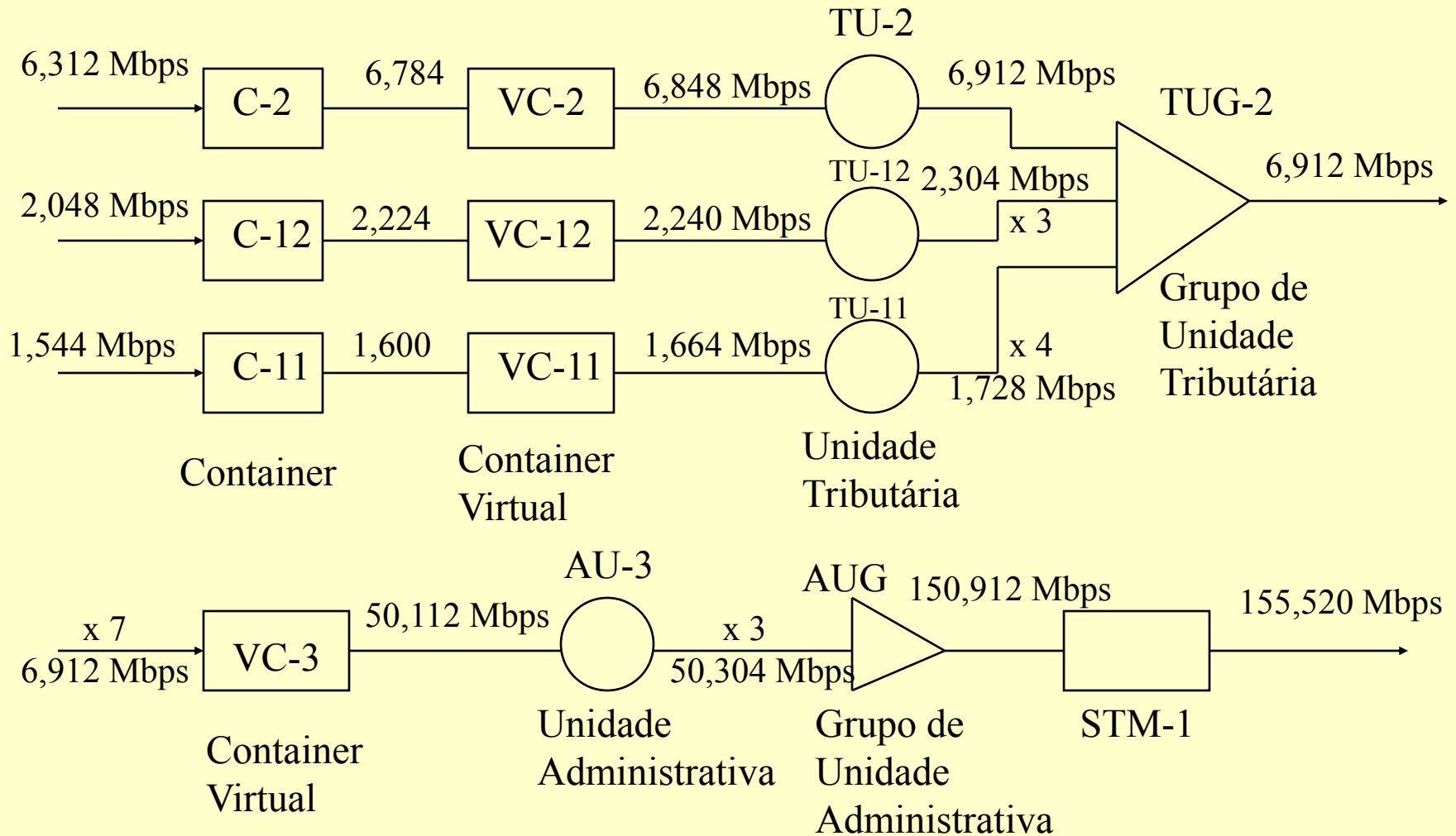
Bits em cada segmento =
= $270 \times 8 \times 9 / (125 \mu\text{seg}) =$
= 155,52 Mbits/seg.



Multiplexação em SONET



Estrutura de Multiplexação SDH

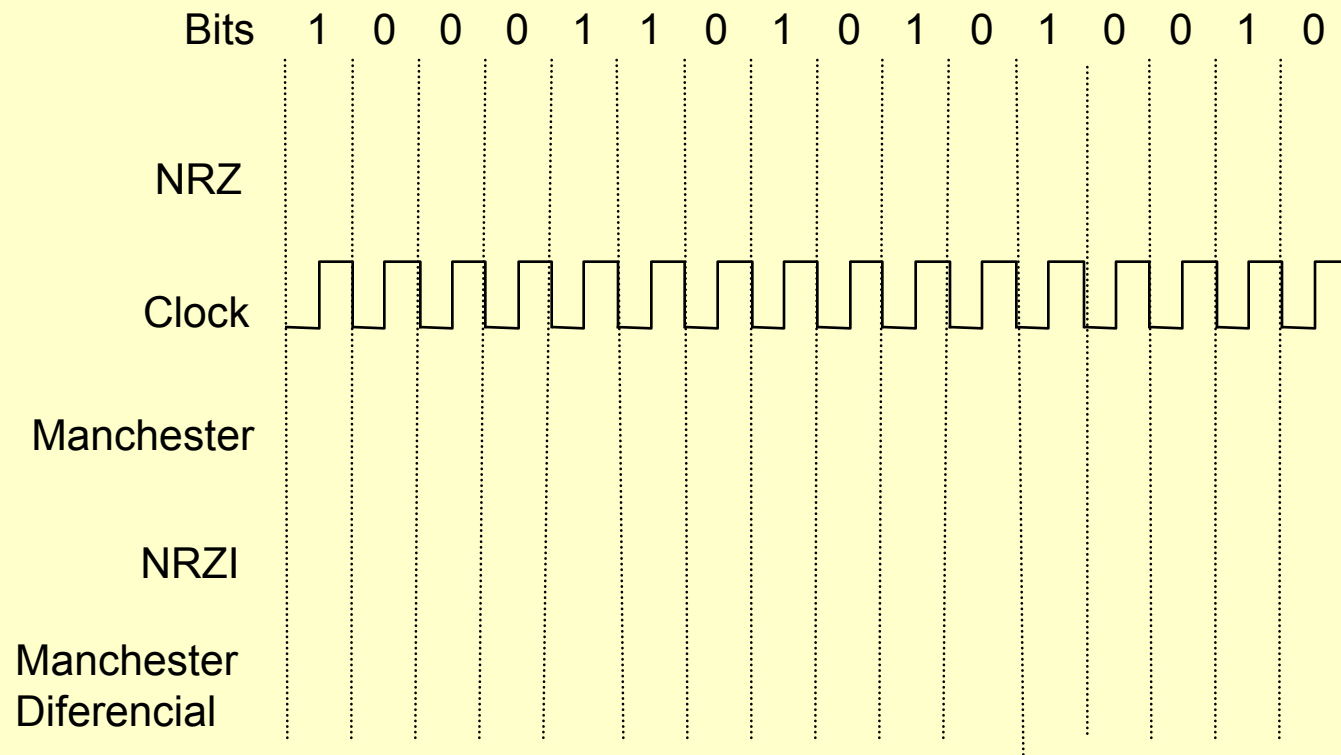


Hierarquia SDH / SONET

SONET		SDH	Taxa de Bits (Mbps)
Nível de portadora óptica	Formato de Quadro	Formato de Quadro	
OC-1	STS-1		51.840
OC-3	STS-3	STM-1	155.520
OC-9	STS-9		466.560
OC-12	STS-12	STM-4	622.080
OC-18	STS-18		933.120
OC-24	STS-24	STM-8	1244.160
OC-36	STS-36	STM-12	1866.240
OC-48	STS-48	STM-16	2488.320
OC-96	STS-96	STM-32	4976.640
OC-192	STS-192	STM-64	9953.280

Exercício

Desenhe as formas de ondas para as diferentes codificações abaixo.



Exercícios

4.2 Seja seqüência de bits abaixo. Mostre a seqüência de bits transmitida pelo enlace quando é utilizado um enquadramento com preenchimento de bits.

110000111111111111011111011111000000111110