

## EE15 Comunicação de Dados



Aula 14-15:  
PROBLEMAS COM MEIO FÍSICO  
DE TRANSMISSÃO- CON'T.

### LIMITAÇÃO EM BANDA

- Atenuação que o meio de transmissão exerce sobre o sinal.
- Depende da frequência do sinal.

$$G = G(f)$$

- Tendência natural do meio físico de transmissão:  
**ATENUAR AS ALTAS FREQUÊNCIAS**

BAIXAS FREQ.:  $G \rightarrow 1$  ( $G_{dB} \rightarrow 0_{dB}$ )

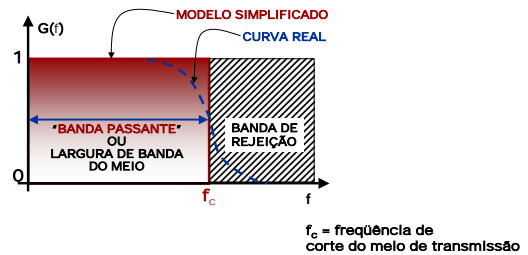
- Sinais de Baixa Freq. passam mais facilmente pelo meio físico (sofrem **menos** atenuação).

ALTAS FREQ.:  $G \rightarrow 0$  ( $G_{dB} \rightarrow -\infty_{dB}$ )

- Sinais de Alta Freq. sofrem **mais** atenuação ao passarem pelo meio físico.

- Uma vez que a atenuação é dependente da frequência, é conveniente representá-la no DF. do sinal.

### MODELO SIMPLES PARA ATENUAÇÃO



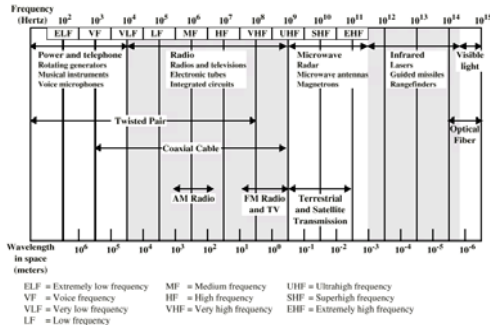
### COMO FUNCIONA ISSO...?

- Como sinais quaisquer são compostos por várias sinusóides de frequências crescentes, o meio físico **corta** as sinusóides com frequência **maior** do que a frequência de corte  $f_c$ , e deixa passar as sinusóides com frequência menor do que  $f_c$ .
- Assim, o meio físico altera o espectro do sinal portador da INFO.

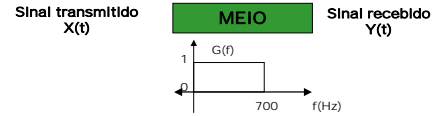
<b>ALTERAÇÃO DO ESPECTRO = DO SINAL</b>	<b>ALTERAÇÃO DA FORMA = DO SINAL</b>	<b>DISTORÇÃO DO SINAL TRANSMITIDO</b>
---	--	---

- Sempre que o sinal a ser transmitido possuir Largura de Banda **maior** que a Largura de banda do meio de transmissão, o sinal recebido será **DISTORCIDO**.
- Para avaliar o sinal recebido, deve-se **sobrepor** o espectro do sinal a ser transmitido com o modelo  $G(f)$  do meio de transmissão no DF.
- Todas as componentes (sinusóides) do sinal transmitido que possuírem  $f > f_c$  serão cortadas pelo meio de transmissão.

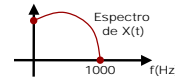
## Espectro Eletromagnético



## EXEMPLO 1: Avallar o sinal recebido Y(t) em cada caso.



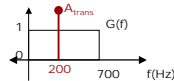
- $X(t) = 10\text{sen}(400\pi t)$
- $X(t) = 5\text{sen}(1600\pi t)$
- $X(t) = 13\text{sen}(800\pi t)$
- 



## SOLUÇÃO

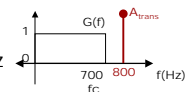
a.  $X(t) = 10\text{sen}(400\pi t)$

- $2\pi ft = 400\pi t \rightarrow f = 200\text{Hz}$
- $A_{\text{rec}} = A_{\text{trans}} G(f)$
- Como  $f = 200 \rightarrow f < f_c$ , o sinal não sofrerá alterações. Porque está na Banda Passante do meio.



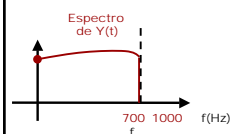
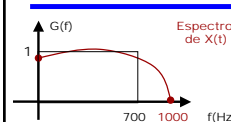
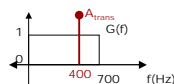
b.  $X(t) = 5\text{sen}(1600\pi t)$

- $2\pi ft = 1600\pi t \rightarrow f = 800\text{Hz}$
- $A_{\text{rec}} = A_{\text{trans}} G(f)$
- Como  $f = 800 \rightarrow f > f_c$ , o sinal será cortado. Porque está fora da Banda Passante do meio.
- Não chegará ao receptor.



c.  $X(t) = 13\text{sen}(800\pi t)$

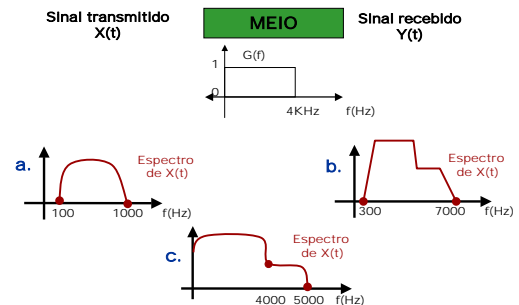
- $2\pi ft = 800\pi t \rightarrow f = 400\text{Hz}$
- $A_{\text{rec}} = A_{\text{trans}} G(f)$
- Como  $f = 400 \rightarrow f < f_c$ , o sinal não sofrerá alterações. Porque está na Banda Passante do meio.



- Todas as componentes do Espectro de X(t) com frequen.  $f > f_c$  serão cortadas.
- As freq. menores não sofrerão alterações.
- Como houve alteração no espectro de X(t)  $\rightarrow$  o sinal Y(t) será **distorcido**.
- O meio atuou como um filtro, deixando passar alguma componentes de X(t) e cortando outras.

- Como o espectro do sinal enviado é diferente do sinal recebido, é provável que a informação que estava contida originalmente em  $X(t)$ , também tenha sido alterada.
- A alteração do sinal transmitido pode ser grande ou pequena, depende do grau de modificação do espectro do sinal enviado.
- Se espectro recebido for aproximadamente igual ao espectro enviado é possível que a informação transportada se **preserve**.

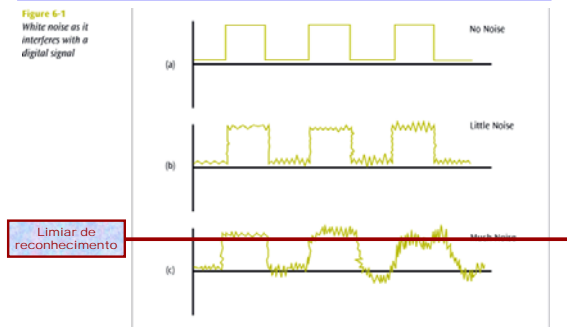
#### EXERCÍCIOS : Avaliar o sinal recebido $Y(t)$ em cada caso.



#### RUÍDOS

- Definição: Distúrbio indesejável introduzido em um sistema de comunicação.
- Geralmente é um sinal indesejável que se mistura ao sinal transmitido, podendo comprometer a informação.
- Os sistema de comunicação devem verificar a existência de erros de Tx.

Figure 6-1  
White noise as it  
interferes with a  
digital signal



- Uma vez detectado, o sistema deverá executar alguma ação.
- Controle de erro, ou descartam o sinal com erro.
- Tipos: ruído térmico, ruído eletromagnético, ruído impulsivo.

- Ruído Térmico**
  - Sinal indesejável gerado pela agitação térmica dos elétrons nos condutores (calor externo).
  - Pequena intensidade mas sempre presente.
- Ruído Eletromagnético**
  - Gerado por interferências eletromagnéticas (radiação eletromagnética), provenientes de fontes externas. Celulares, rede elétrica, antenas transmissoras em geral, etc.
  - Depende da procedência (fonte de ruído).

### Ruído Impulsivo

- Sinal indesejável gerado por descargas eletromagnéticas intensas (descargas atmosféricas, variações dos níveis de tensão gerados pela prestadora de serviço, etc.).
- Grande intensidade, mas é intermitente.

Figure 6-2  
The effect of impulse noise on a digital signal

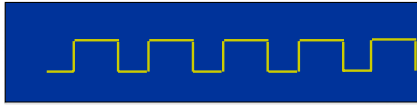
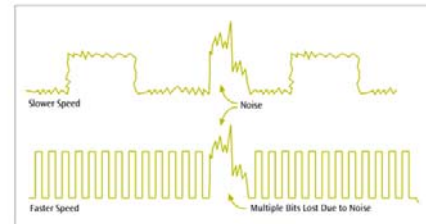


Figure 6-3  
Transmission speed and its relationship to noise



### ECOS

- Definição: Reflexões de onda provocadas por descontinuidades no meio de transmissão.

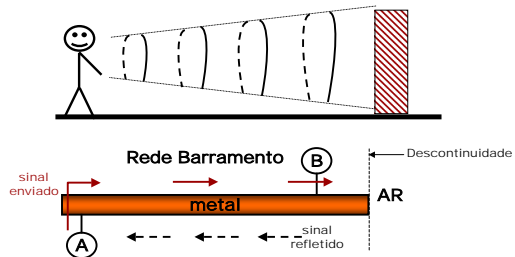
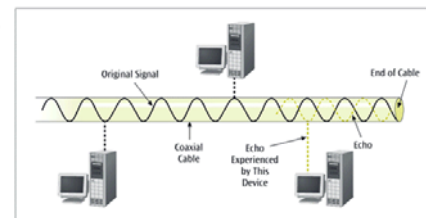


Figure 6-5  
A signal bouncing back at the end of a cable and causing echo



- Eco desejável: radares, sonares, ultrassom diagnóstico.
- Eco indesejável: em transmissão de dados, o sinal refletido pode se misturar com sinal transmitido e distorcer o sinal recebido no receptor.
- Geralmente acontece no cabos coaxiais.
- Minimizando-se as descontinuidades que o sinal encontrará é possível minimizar os ecos. (casamento de impedâncias=terminadores em redes Ethernet).