VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

– **Capítulo que aborda:**

- **Sistemas de Transmissão**
- **Largura de Banda** de Transmissão
- **Perdas** e **Ganhos** de Potências
- **Filtros**

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

– **Transmissão:** *"processo pelo qual uma forma de onda transita de uma fonte para um determinado destino, desejavelmente sem sofrer alteração de forma"*

– **Filtragem:** *"operação que, propositadamente, altera o espectro do sinal e, consequentemente, a sua forma"*

Modelados de forma semelhante por funções entrada saída - sinal que se obtém à saída designa-se por resposta do sistema ao sinal de entrada

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Ver definição no Cap. III …

Sistemas LIT (Lineares e Invariantes no Tempo)

- Sistemas com características próprias possuindo uma **função de transferência**, **H(f)**, em que **|H(f)|** representa a **característica de amplitude do sistema**
- As exponenciais complexas, ou seja, os sinais oscilatórios no tempo passam pelo sistema sem alteração de forma a menos de um factor multiplicativo constante...
- *"qualquer sinal vê cada uma das suas componentes espectrais passar no sistema sem alteração de forma mas com alteração de amplitude consoante a frequência"*

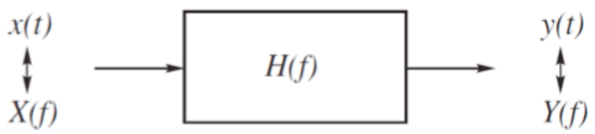
VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA:

Resposta em Frequência do sistema, *H(f)*

$$Y(f) = H(f) \,.\, X(f)$$

$$|Y(f)| = |H(f)| \,.\, |X(f)|$$



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA:

Sinal de Potência (Sinal Periódico)

$$\begin{aligned} |C_y(nf_0)|^2 &= |H(nf_0)|^2 \cdot |C_x(nf_0)|^2 \\ S_y &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} |H(nf_0)|^2 \cdot |C_x(nf_0)|^2 \end{aligned}$$

Sinal de Energia (Sinal Não Periódico)

$$\begin{aligned} |Y(f)|^2 &= |H(f)|^2 \cdot |X(f)|^2 \\ E_y &= \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \, |X(f)|^2 \end{aligned}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

DEFINIÇÕES:

Banda de Transmissão de um Sistema:

É o intervalo de frequências positivas no qual o ganho do sistema é não inferior a $\frac{1}{2}$ do ganho máximo.

Largura de Banda de um Sistema:

É a amplitude da banda de transmissão desse sistema.

Frequências de Corte de um Sistema:

São as frequências positivas limites da banda de transmissão do sistema.

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

SISTEMAS DE PRIMEIRA ORDEM

- Sistemas que facilmente podem ser modelados por circuitos eléctricos RC
- Qual a equação que rege estes circuitos?

- **Função de Transferência** do sistema de primeira ordem?

$$H(f) = \frac{1}{1 + \jmath 2\pi f RC}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

SISTEMA DE PRIMEIRA ORDEM:

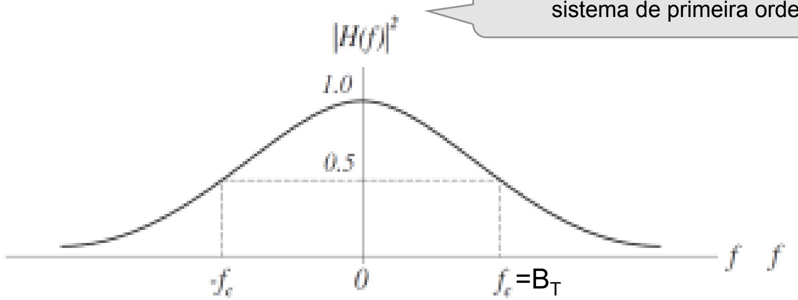
poderia aparecer K

poderia aparecer f - valor

$$\boxed{H(f) = \frac{1}{1 + \jmath \frac{f}{B_T}}}$$

$$\boxed{B_T = \frac{1}{2\pi RC}}$$

Característica de **potência** de um sistema de primeira ordem

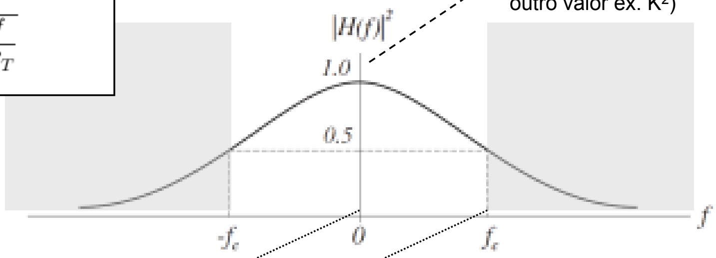


VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

SISTEMA DE PRIMEIRA ORDEM:

$$H(f) = \frac{1}{1 + j\frac{f}{B_T}}$$

ponto de **ganho máximo** (ou atenuação mínima) que é igual a 1 neste exemplo (poderia aparecer outro valor ex. K²)



Neste caso
Banda de Transmissão: $[0, f_c]$ Hz
Largura de Banda: $=f_c = B_T$ Hz
Frequências de Cortes: 0 e f_c

todas as componentes de um sinal de entrada de frequência superior a este ponto sofrem ganhos inferiores a metade do ganho máximo (ou, por outras palavras, sofrem atenuações mais significativas do que...)

poderia aparecer K

poderia aparecer f - valor

$$H(f) = \frac{1}{1 + j\frac{f}{B_T}}$$

Representar a característica de amplitude e característica de potência?

$$H(f) = \frac{0.2}{1 + j\left(\frac{f - 50\times10^6}{2\times10^6}\right)}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

PERDAS DE TRANSMISSÃO E DECIBÉIS

- Os sistemas de transmissão, além de distorcer o sinal, também reduzem a potência do sinal introduzindo uma **perda de transmissão**

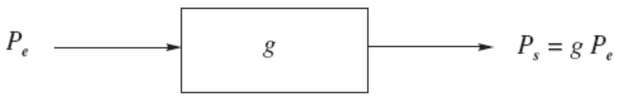
- Estudar os conceitos de **ganho** e **perda** de transmissão, e **decibel** como medida de razão de potências
  - por forma a relacionar as potências à entrada e à saída de um sistema de transmissão

Comunicação de Dados
Licenciatura em Engenharia Informática
Departamento de Informática, Universidade do Minho

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

GANHO DE POTÊNCIA

- Consideremos um sistema que introduz uma **ganho** de potência por forma que a **potência média do sinal à saída** seja proporcional à **potência média de entrada**



- **Ganho** de potência é definido por:

$$\boxed{g = \frac{P_s}{P_e}}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

GANHO DE POTÊNCIA

- Sistemas amplificadores possuem normalmente valores de g muito elevados, para melhor lidar com esses valores é usual a utilização de uma escala logarítmica
- Ganho em **decibéis (dB)**

$$\boxed{g_{dB} = 10 \log_{10} g}$$

- Dado um valor de ganho em dB o valor linear correspondente é:

$$\boxed{g = 10^{\frac{g_{dB}}{10}}}$$

Comunicação de Dados
Licenciatura em Engenharia Informática
Departamento de Informática, Universidade do Minho

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

POTÊNCIA DE SINAIS EXPRESSA EM dB

- A **potência de um sinal** pode também ser expressa em dB se se considerar relativa a uma potência fixa
- A potência de referência em telecomunicações para se expressar potências em dB é o miliwatt, ao que corresponde uma unidade designada por **dBm** **(mas podem-se usar outras unidades)**

$$\boxed{P_{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P}{1 \text{ mW}}}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

POTÊNCIA DE SINAIS E GANHOS EM dB

- Como relacionar a potência do sinal em dBm e o ganho em dB?
- Formula mais simples de relacionamento dado que envolve unicamente somas e subtracções

$$\boxed{P_{s_{dBm}} = g_{dB} + P_{e_{dBm}}}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

PERDA OU ATENUAÇÃO DE SINAIS

- Todo o meio de transmissão passivo envolve uma **perda de potência**, logo $P_s < P_e$
- Neste caso é preferível trabalhar em termos de **atenuação de transmissão (L)**

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{g} &&= \frac{P_e}{P_s} \\ L_{dB} &= -g_{dB} &&= 10\log_{10}\frac{P_e}{P_s} \end{aligned}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

PERDA OU ATENUAÇÃO DE SINAIS

- Da mesma forma é possível relacionar as potências dos sinais e as atenuações por:

$$\boxed{P_{s_{dBm}} = P_{e_{dBm}} - L_{dB}}$$

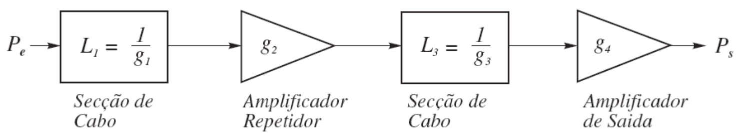
- No caso de linhas de transmissão, cabos coaxiais, fibras, etc. é usual apresentar um **coeficiente de atenuação (α)** em dB por unidade de comprimento

$$\boxed{L_{dB} = \alpha\, d}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

PERDA OU ATENUAÇÃO DE SINAIS

- Percursos com grandes atenuações exigem amplificação, processo que é realizado através da introdução de amplificadores repetidores ao longo do percurso



$$P_s = (g_1\, g_2\, g_3\, g_4)\, P_e = \frac{g_2\, g_4}{L_1\, L_3}\, P_e$$

$$P_{s_{dBm}} = (g_{2_{dB}} + g_{4_{dB}}) - (L_{1_{dB}} + L_{3_{dB}}) + P_{e_{dBm}}$$

?

Um sistema de transmissão por fios eléctricos é utilizado para ligar um emissor com um receptor a cem quilómetros de distância. O valor da potência média do sinal que chega ao receptor é de um watt e o sistema de transmissão tem um amplificador a cada quilómetro do percurso, que amplifica o sinal cem vezes. O cabo atenua a potência do sinal 20 dB a cada quilómetro.

Qual a potência media do sinal no emissor (em dBm)?

$$g_{dB} = 10 \log_{10} g$$

$$L_{dB} = \alpha\, d$$

$$P_{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P}{1 \text{ mW}}$$

$$g = \frac{P_s}{P_e}$$

$$L \doteq \frac{1}{g} = \frac{P_e}{P_s}$$

$$L_{dB} = -g_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_e}{P_s}$$

$$P_{s_{dBm}} = g_{dB} + P_{e_{dBm}}$$

$$P_{s_{dBm}} = P_{e_{dBm}} - L_{dB}$$

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS

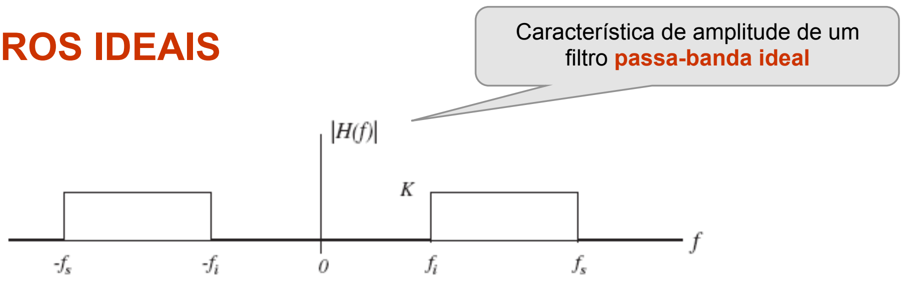
- Podem ser usados para separar o sinal portador de informação de contaminações indesejáveis (interferências, ruídos, contaminações...)

- Modelados de forma semelhante aos sistemas de transmissão (diferem no objectivo)

- **Filtros ideais** - caracterizados por fornecerem transmissão isenta de distorção em uma ou mais bandas de frequência

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS IDEAIS



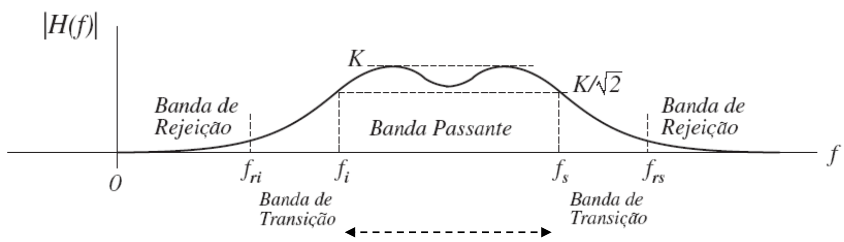
- Largura de Banda deste filtro passa-banda ideal = $f_s - f_i$
- Para um filtro **passa-baixo ideal** temos f_i=0
- Para um filtro **passa-alto ideal** temos f_i>0 e $f_s = \infty$

Comunicação de Dados
Licenciatura em Engenharia Informática
Departamento de Informática, Universidade do Minho

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS REAIS

- Os filtros ideias são irrealizáveis, não é possível obter transições abruptas
- Exemplo de um filtro passa-banda típico

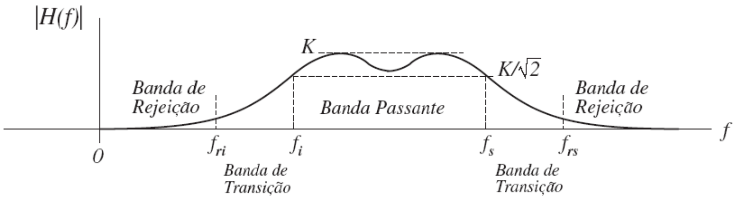


Banda de Transmissão;
Largura de Banda = fs - fi (também designada **largura de banda de meia potência**)

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS REAIS

- **Bandas de Rejeição:** onde $|H(f)|^2$ está consistentemente abaixo de 10% do seu valor máximo
- **Bandas de Transição:** *"... o filtro (ou o sistema) nem deixa passar nem rejeita as correspondentes componentes de frequência..."*



idealmente o mais estreita possível

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS (OU SISTEMAS) DE ORDEM SUPERIOR

- Filtros (e sistemas de transmissão) podem ser de **ordem superior** aos sistemas de primeira ordem anteriormente referidos
- Uma classe desses filtros é denominada por filtros de **Butterworth** de ***ordem n***
- Quanto maior for a ordem do filtro mais *"perfeito"* é o filtro

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

FILTROS DE BUTTERWORTH

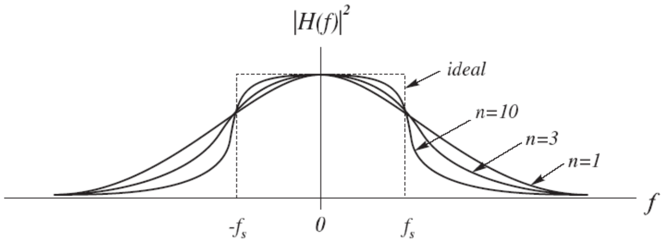
Característica de amplitude de um filtro passa-baixo **butterworth** com K=1. Normalnente se K<=1 o filtro diz-se **atenuador** se K>1 o filtro diz-se **amplificador**

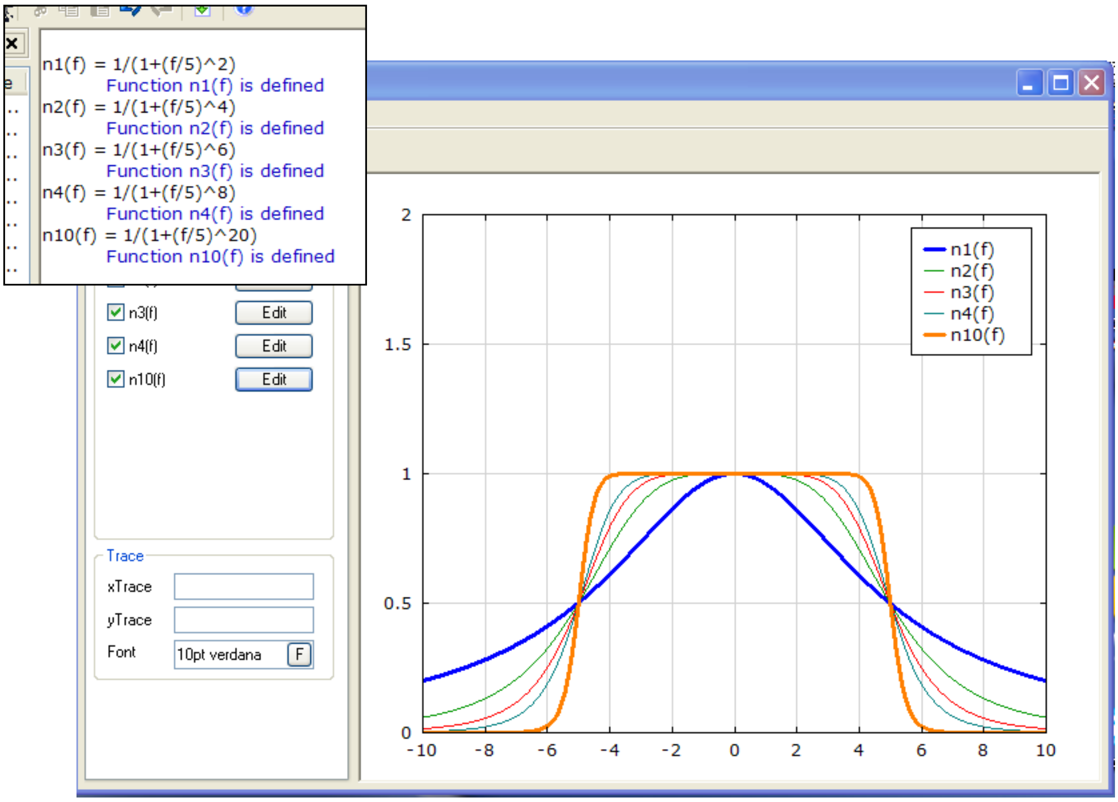
k

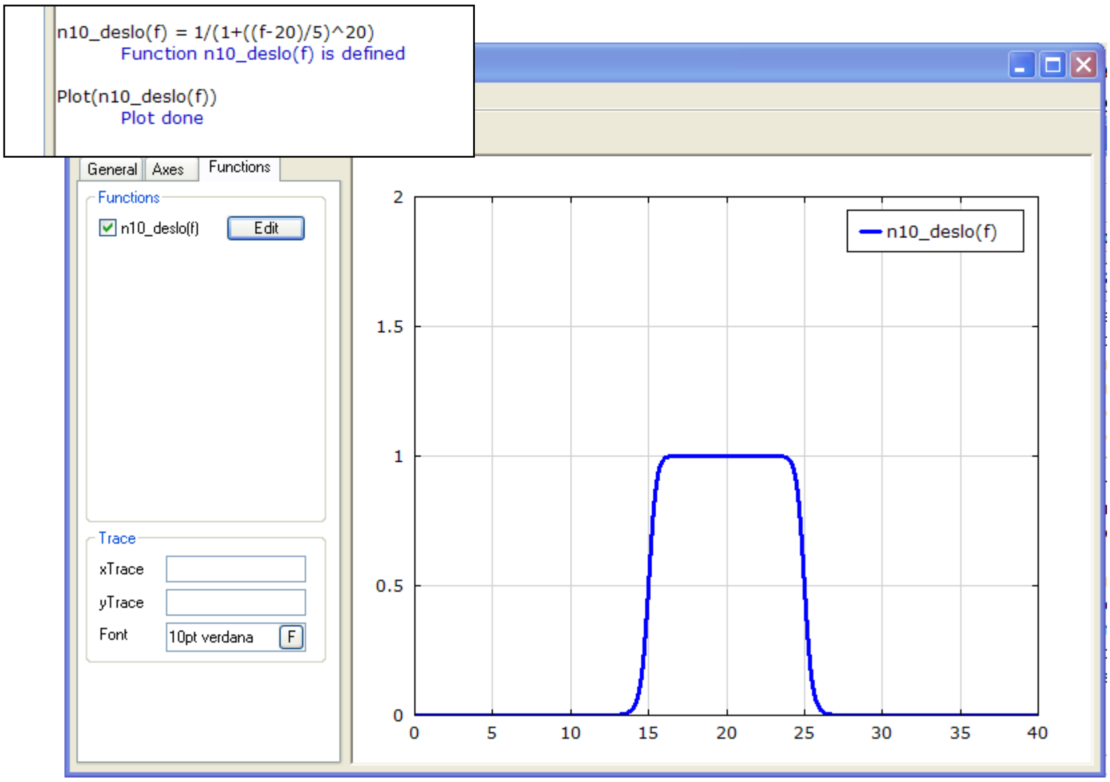
$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{B_T}\right)^{2n}}}$$

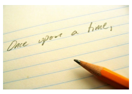
poderia aparecer f - valor;
nesse caso seria passa-banda

- Com n=1 - mesma característica de um sistema de primeira ordem









?

Considere um sistema de transmissão possuindo a seguinte função de transferência:

$$H(f) = 3 / [\ 16 + j\ (\ 2\text{x}10^2 f\ /\ 5\text{x}10^4\ )^2\ ]$$

a) Calcule a Largura de Banda do sistema.
b) Esquematize graficamente a sua característica de amplitude.

É um filtro Butterworth atenuador de segunda ordem.

É um filtro amplificador passa banda.

É um filtro Butterworth de segunda ordem, passa-alto.

É um filtro atenuador passa baixo.

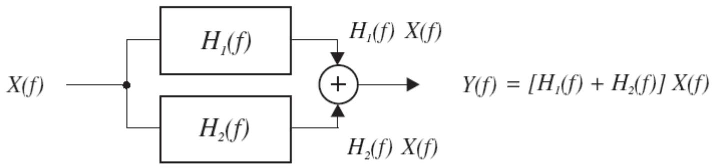
$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{B_T}\right)^{2n}}}$$

Largura de Banda ?

VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

EXEMPLOS DE COMPOSIÇÃO DE FILTROS

$$\boxed{H(f) = H_1(f) + H_2(f)}$$



$$\boxed{H(f) = H_1(f) \cdot H_2(f)}$$