



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Características inerentes aos sistemas de transmissão:

- Os sistemas de transmissão não são “perfeitos”, podendo provocar alguma distorção nos sinais que são transmitidos;
- Existem limites na banda de transmissão suportada pelo sistema de transmissão;
- Existe a atenuação da potência dos sinais transmitidos
- Etc.



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

- **Sistemas de Transmissão**

Modelos/funções ilustrativas do comportamento de determinados sistemas de transmissão...

- **Largura de Banda de Transmissão**

Largura de banda de transmissão não é o mesmo que largura de banda dum sinal...

- **Perdas e Ganhos de Potências**

Os sistemas de transmissão introduzem atenuação nos sinais durante a transmissão que pode ser combatida com amplificação...

- **Filtros**

Os sistemas de transmissão podem ser modelados como 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 ou não, altera o espectro do sinal e, conseqüentemente, a sua forma.

Função de Transferência – a transmissão e a filtragem são modelados de forma semelhante por funções de entrada e saída, i.e., o sinal que se obtém à saída designa-se por resposta do sistema ao sinal de entrada.



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

- Lineares e Invariantes no Tempo
Ver definição/características completas destes sistemas no Cap. III da sebenta do Prof. Vasco Freitas.
- Sistemas com características próprias possuindo uma função de transferência, $H(f)$, em que:
 - $|H(f)|$ representa a sua característica de amplitude
 - $|H(f)|^2$ representa a sua caraterística de potência



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

As exponenciais complexas, ou seja, os sinais oscilatórios no tempo (ou componentes sinusoidais) passam pelo sistema sem alteração de forma a menos de um fator multiplicativo constante, ou seja, qualquer sinal terá cada uma das suas componentes espectrais a passar no sistema sem alteração de forma mas com alteração de amplitude, consoante a frequência.



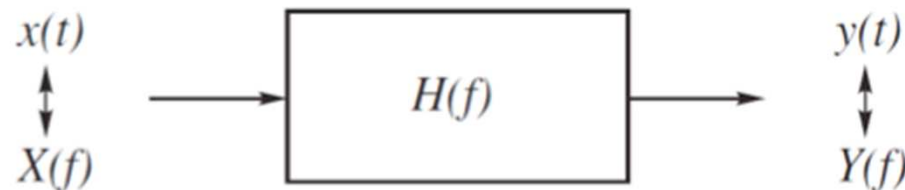
VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

Resposta em frequência do sistema, $H(f)$

$$Y(f) = H(f) * X(f)$$

$$|Y(f)| = |H(f)| * |X(f)|$$





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

Sinal de Potência (Sinal Periódico)

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

Sinal de Energia (Sinal Não Periódico)

$$|Y(f)|^2 = |H(f)|^2 \cdot |X(f)|^2$$
$$E_y = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 |X(f)|^2 df$$



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

- **Banda de Transmissão** – é o intervalo de frequências positivas no qual o ganho em potência do sistema é superior ou igual a metade do ganho máximo.
- **Largura de Banda** – é a amplitude da banda de transmissão desse sistema.
- **Frequências de Corte** – são as frequências limites da banda de transmissão do sistema.



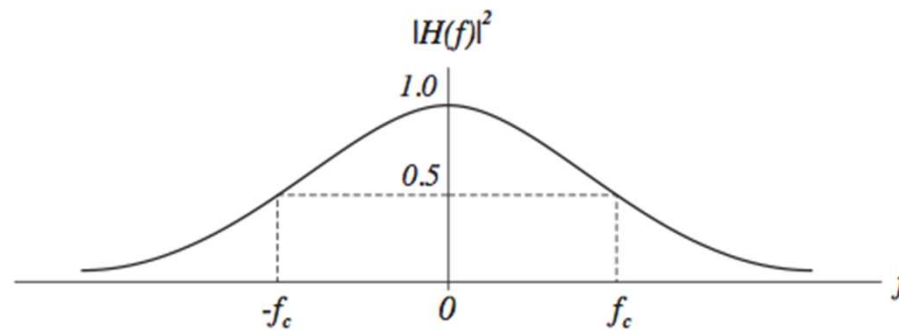
VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT

SISTEMAS DE PRIMEIRA ORDEM

- Sistemas que facilmente podem ser modelados por circuitos elétricos RC.
- Função de Transferência do sistema de primeira ordem:

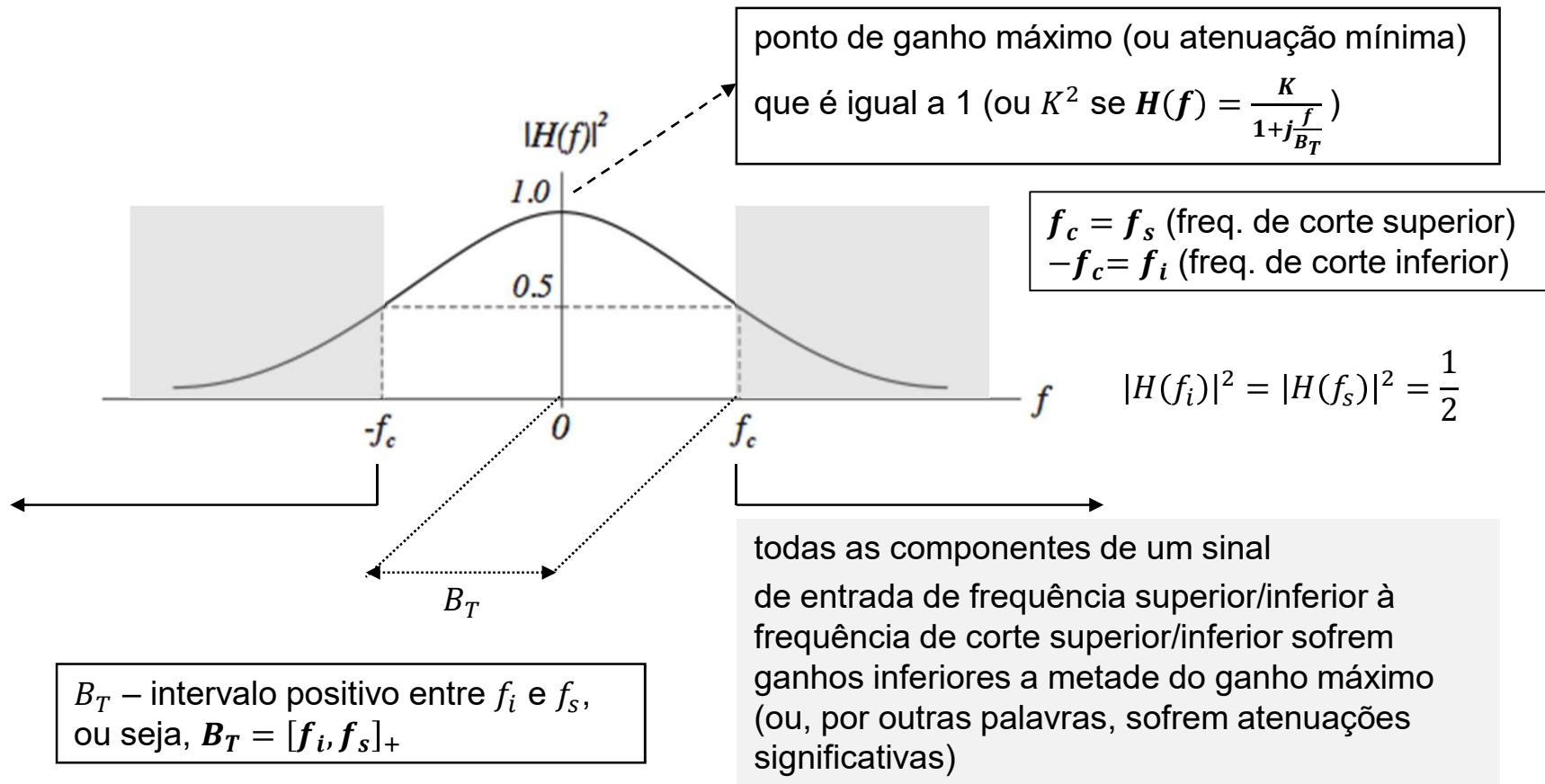
$$H(f) = \frac{1}{1+j2\pi fRC} = \frac{1}{1+j\frac{f}{B_T}} \quad B_T = \frac{1}{2\pi RC}$$





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Sistemas LIT de Primeira Ordem





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Perdas/Ganhos de Transmissão e Decibéis

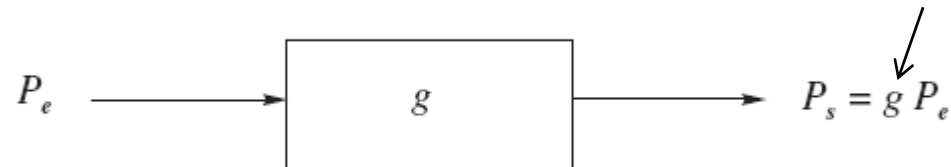
- Os sistemas de transmissão, além de distorcer o sinal, também reduzem a potência do sinal introduzindo uma perda/atenuação na transmissão.
- É importante estudar os conceitos de ganho e perda de transmissão e o decibel como medida de razão/proporção das potências à entrada e à saída dum sistema de transmissão.



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Perdas/Ganhos de Transmissão e Decibéis

- Consideremos um sistema que introduz um 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:

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



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Perdas/Ganhos de Transmissão e Decibéis

- Sistemas amplificadores possuem normalmente valores de ganho muito elevados, para melhor lidar com esses valores é usual a utilização de uma escala logarítmica.
- Ganho em decibéis (dB): $g_{dB} = 10 \log_{10} g$
- Dado um valor de ganho em dB o valor linear correspondente é: $g = 10^{g_{dB} \cdot 10^{-1}}$
- A potência de um sinal pode também ser expressa em dB se se considerar relativa a uma potência fixa. Em telecomunicações é costume usar-se o miliwatt, ao que corresponde a unidade dBm: $P_{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P}{1mW}$



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Perdas/Ganhos de Transmissão e Decibéis

- Sistemas de transmissão passivos têm uma atenuação L que costuma ser linear com o comprimento d e dependem dum coeficiente de atenuação linear α ou coeficiente de atenuação logarítmica α_{dB} ($\alpha < 1, \alpha_{dB} < 0$):

$$P_S = P_E * L \Leftrightarrow P_{S_{dBm}} = P_{E_{dBm}} + L_{dB}$$

$$L = \alpha^d \quad \text{ou} \quad L_{dB} = \alpha_{dB} * d$$

- Sistemas de transmissão com amplificação:

$$P_S = g * P_E \Leftrightarrow P_{S_{dBm}} = g_{dB} + P_{E_{dBm}}$$

- Para sistemas de transmissão com n troços:

$$P_S = P_E * \prod_{i=1}^n (g_i * L_i) \Leftrightarrow P_{S_{dBm}} = P_{E_{dBm}} + \sum_{i=1}^n g_{dB_i} + \sum_{i=1}^n L_{dB_i}$$



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

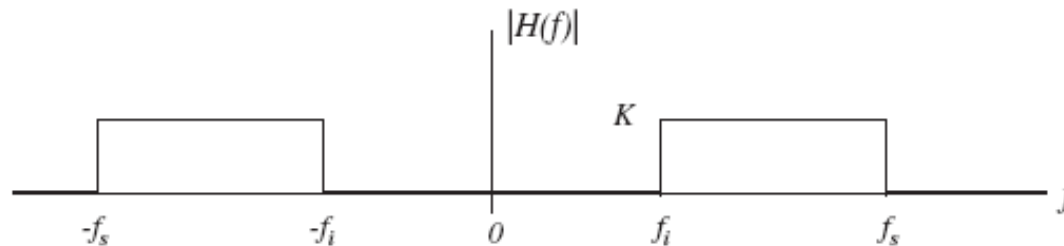
Filtros

- Podem ser usados para separar o sinal portador de informação de contaminações indesejáveis (interferências, ruídos, etc.).
- Modelados da mesma forma que os sistemas de transmissão mas diferem no objetivo.
- Filtros ideais – caracterizados por fornecerem transmissão isenta de distorção em uma ou mais bandas de frequência.



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros Ideais



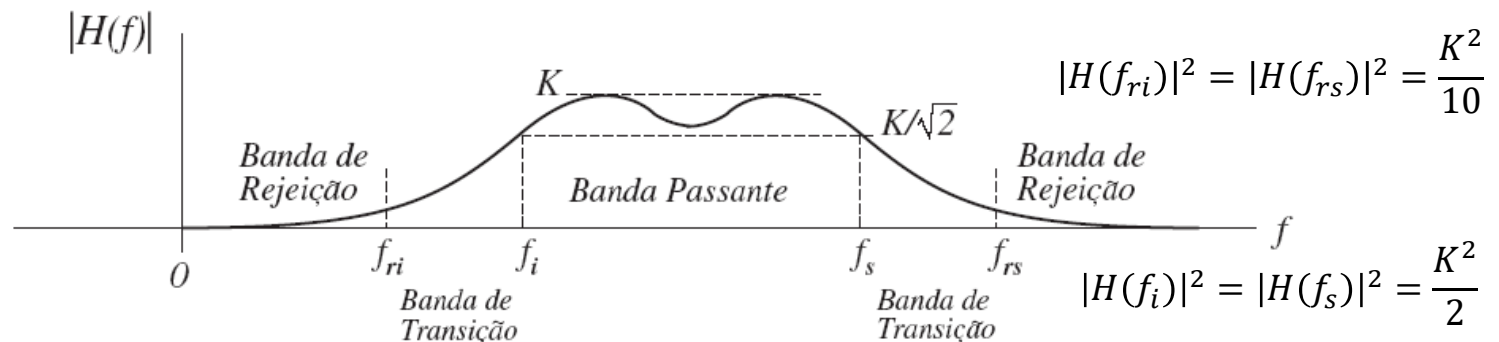
- Largura de banda dos filtros ideais é o intervalo positivo entre f_i e f_s , ou seja, $B_T = [f_i, f_s]_+$
- Filtro passa-baixo ideal implica $f_i = 0$
- Filtro passa-alto ideal implica $f_i > 0, f_s = \infty$



VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros Reais

- Os filtros ideais são irrealizáveis, não é possível obter transições abruptas. Os filtros reais tendem a ser filtros passa-banda (com bandas de transição o mais pequenas possíveis):



- Largura de banda de transmissão, banda passante ou largura de banda a meia potência, $B_T = [f_i, f_s]_+$
- Bandas de Rejeição, $B_{RJ} = [\infty, f_{ri}]_+ \cup [f_{rs}, \infty]_+$
- Bandas de Transição, $B_{TR} = [f_{ri}, f_i]_+ \cup [f_s, f_{rs}]_+$

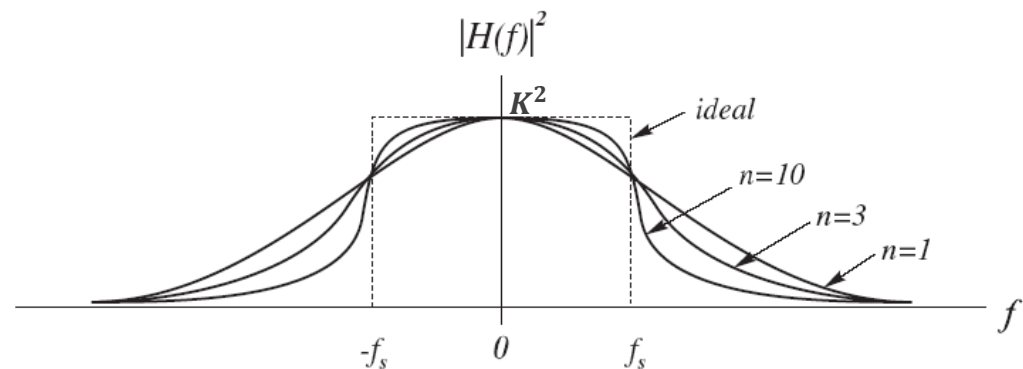


VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros/Sistemas Butterworth

- Filtros/Sistemas de transmissão podem ser de ordem superior comparativamente aos sistemas de primeira ordem anteriormente referidos.
- Uma classe desses filtros é denominada por filtros de Butterworth de ordem n .
- Se $K > 1$ trata-se dum filtro amplificador. Se $K \leq 1$ trata-se dum filtro atenuador.

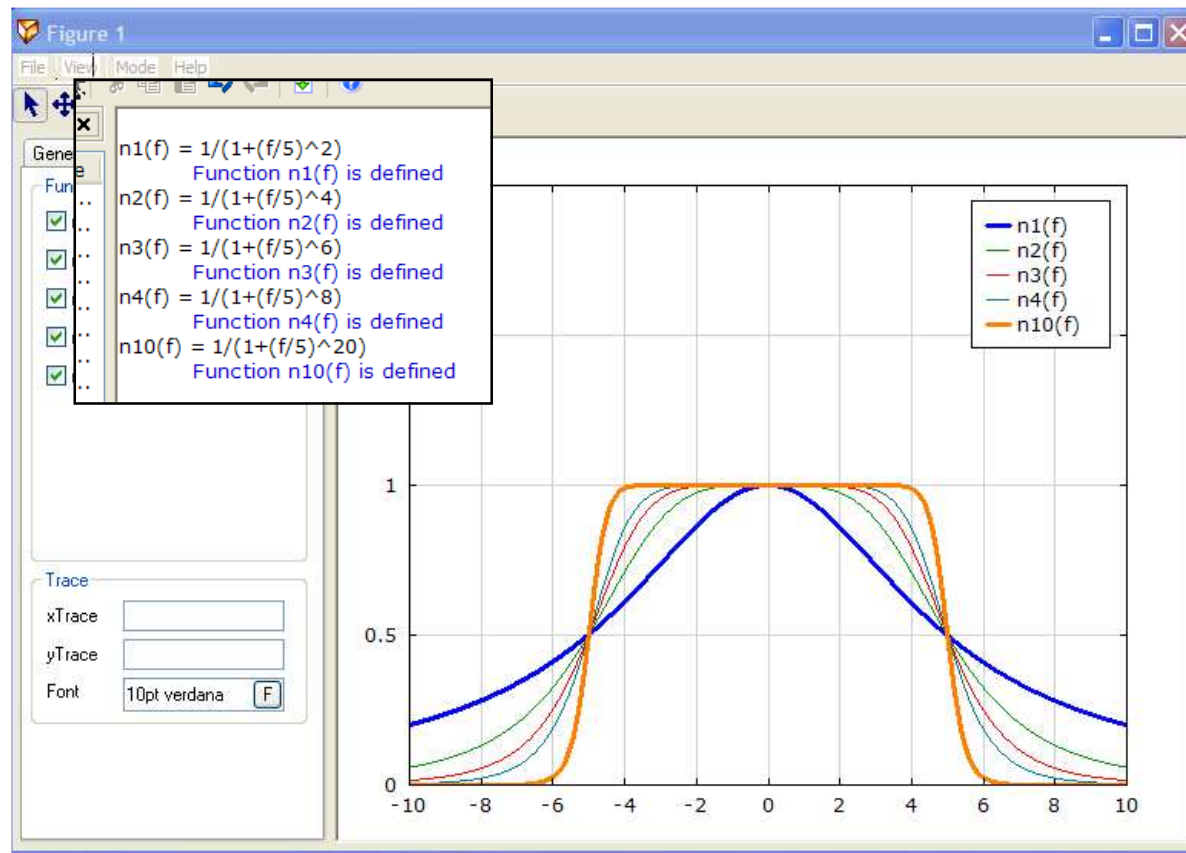
$$|H(f)|^2 = \frac{K^2}{1 + \left(\frac{f}{B_T}\right)^{2n}}$$





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros/Sistemas Butterworth





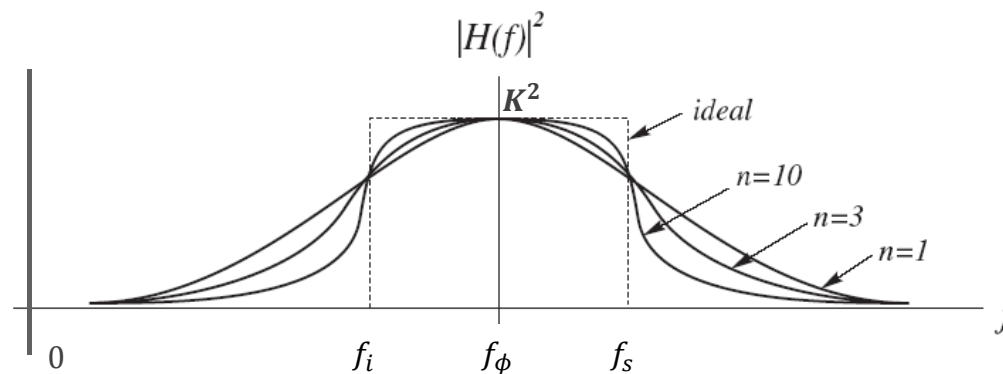
VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros/Sistemas Butterworth

Definição genérica de filtro Butterworth de ordem n :

$$|H(f)|^2 = \frac{K^2}{1 + \left(\frac{f - f_\phi}{f_s - f_\phi}\right)^{2n}}$$

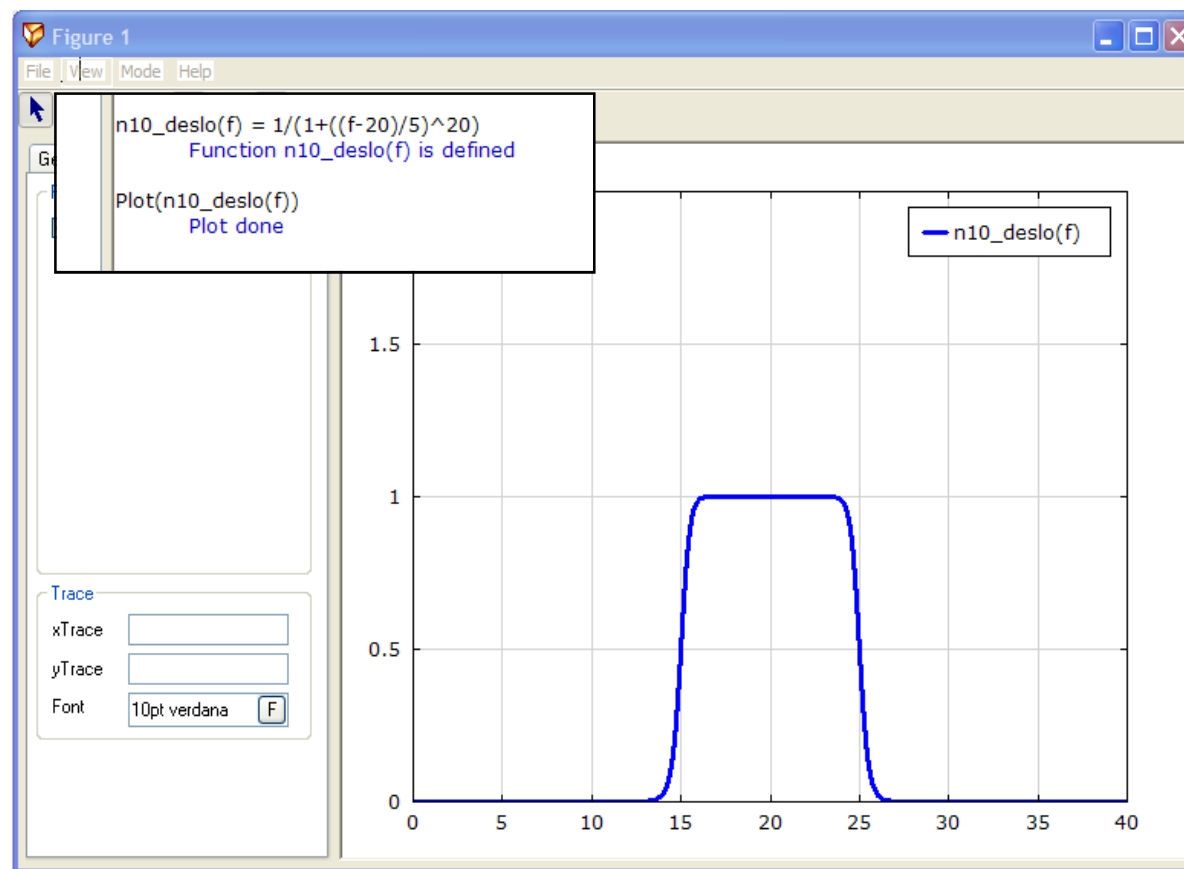
$$f_i = f_\phi - (f_s - f_\phi) = 2 * f_\phi - f_s$$
$$|H(f_s)|^2 = \frac{K^2}{2} \quad B_T = [f_i, f_s]_+$$





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Filtros/Sistemas Butterworth





VI. ANÁLISE DE SISTEMAS

Composição de Filtros

Alguns exemplos:

