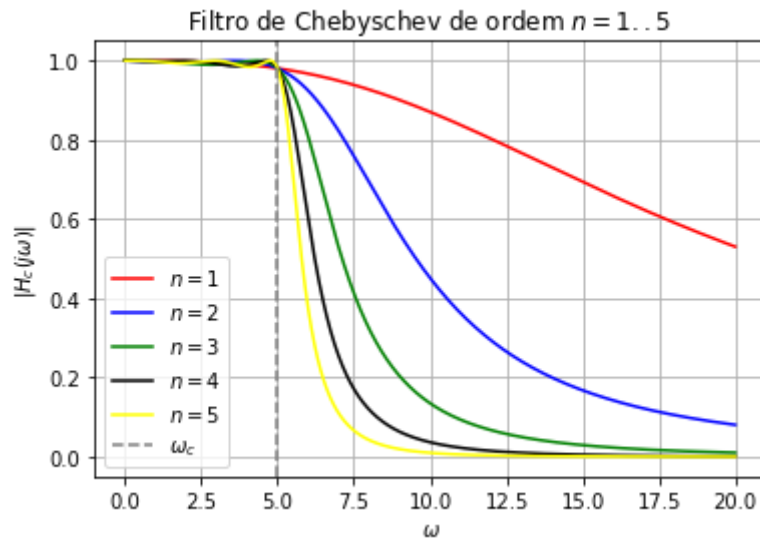


EFC 3

obs: todos os códigos para os gráficos deste EFC estão disponíveis no notebook entregue juntamente com este PDF.

letra (a)

↳ gráfico:



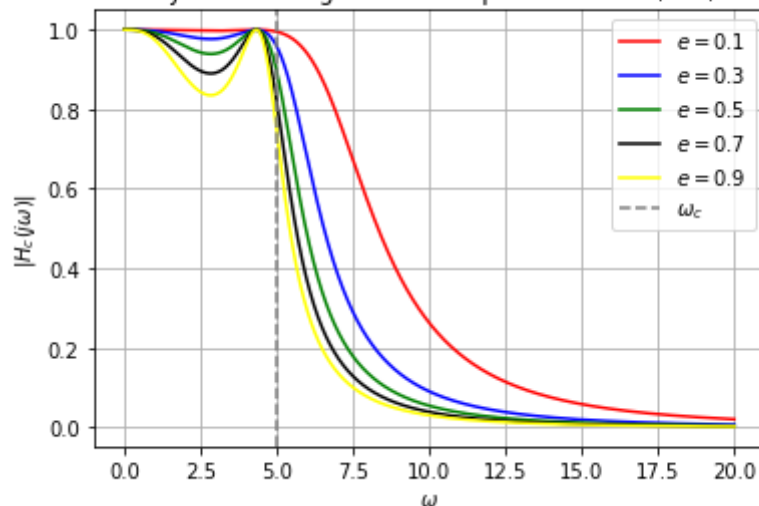
↳ Discussão:

Podemos observar que, em torno da frequência de corte, quanto maior a ordem do filtro (principalmente quando $n=3$, $n=4$ e $n=5$), a variação do filtro é mais repentina. Isso significa que, quanto maior a ordem, melhor o filtro.

letra (b)

↳ gráfico:

Filtro de Chebyshev com ganho de frequência $e = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$

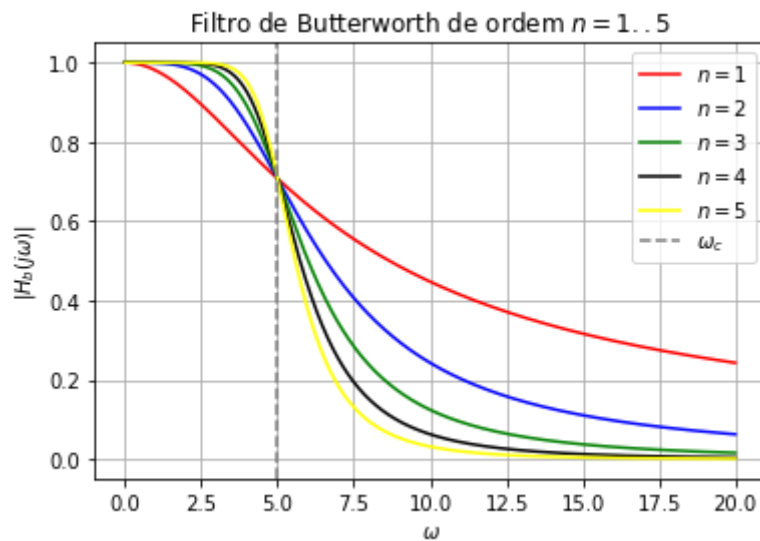


↳ Discussão:

Observamos que, conforme aumenta-se o ϵ , a variação é mais repentina. Ou seja, a resposta em frequência tem uma maior oscilação quando $\omega < \omega_c$ e tem um decaimento mais intenso para $\omega > \omega_c$; disso, podemos concluir que, para um ϵ menor, o filtro é melhor para a frequência menor que ω_c e, para um ϵ maior, o filtro é melhor para a frequência maior que ω_c .

letra (c):

↳ gráfico:



↳ Discussão:

Observamos através do gráfico que, quanto maior a ordem (isto é, quanto maior o n), mais rapidamente o filtro decai. Isso, podemos concluir que o filtro é melhor para ordens maiores.

letra (a)

↳ Transformada de Fourier

$$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} dt = \int_{-T/2}^{T/2} e^{j\omega t} dt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X(j\omega) = \frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega} \Big|_{-T/2}^{T/2} = \frac{-1}{j\omega} \cdot (e^{-j\omega T/2} - e^{j\omega T/2}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X(j\omega) = \frac{1}{\omega} \underbrace{\left(\frac{e^{-j\omega T/2} - e^{j\omega T/2}}{j} \right)}$$

$$2 \cdot \sin(\omega T/2) \Rightarrow X(j\omega) = \frac{2 \sin(\omega T/2)}{\omega}$$

multiplicando o numerador e o denominador por $T/2$:

$$X(j\omega) = \frac{(T/2) \cdot 2 \sin(\omega T/2)}{\omega \cdot (T/2)} = \frac{T \cdot \sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$$

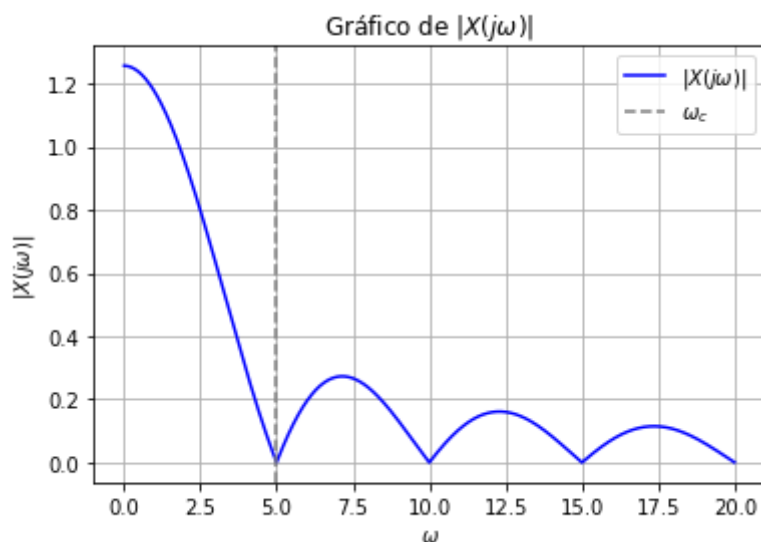
considerando $T = 2\pi/\omega_c$ ficamos com:

$$X(j\omega) = \frac{(2\pi/\omega_c) \cdot \sin(\omega \cdot (2\pi/\omega_c)/2)}{\omega \cdot (2\pi/\omega_c)/2}$$

assim:

$$X(j\omega) = \frac{2 \cdot \sin(\pi \cdot \omega / \omega_c)}{\omega}$$

↳ gráfico:

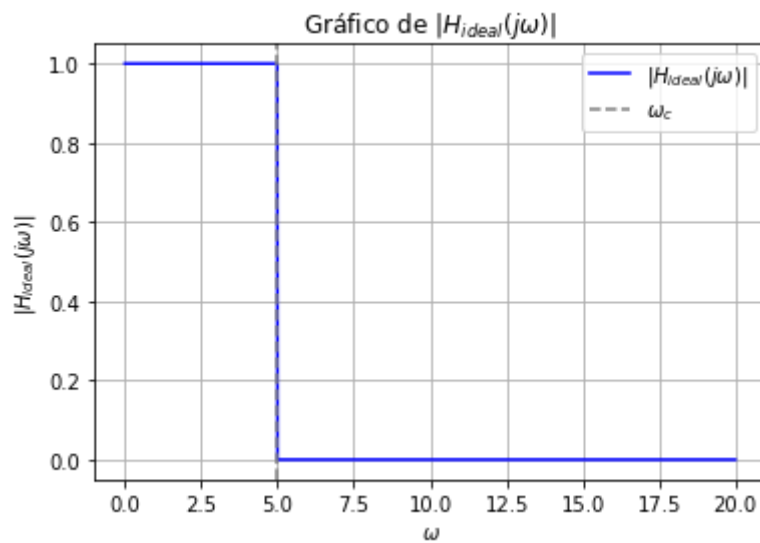


↳ Discussão:

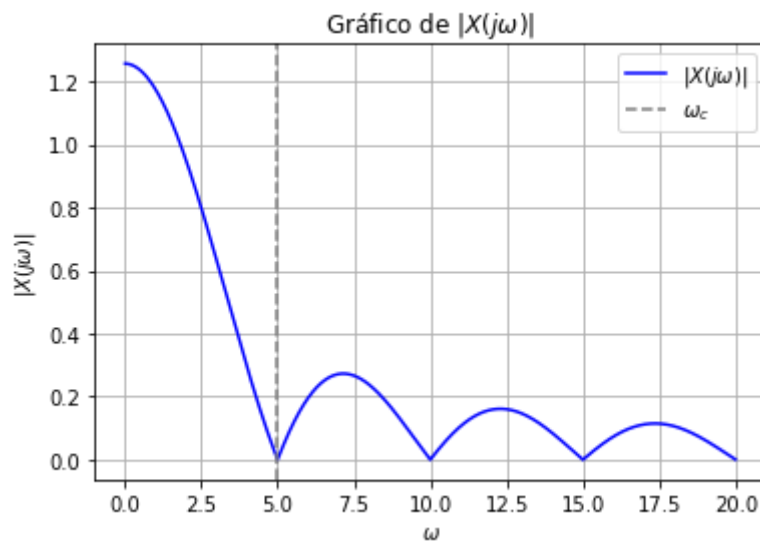
A partir do gráfico, observamos que $|X(j\omega)| = 0$ para múltiplos inteiros de ω . Podemos explicar isso através da função seno, pois $\sin(\pi \cdot x) = 0$ quando $x \in \mathbb{Z}$, então, como neste caso temos $x = \omega/\omega_c$, o valor se torna inteiro quando ω é um múltiplo inteiro de ω_c .

Letra (c):

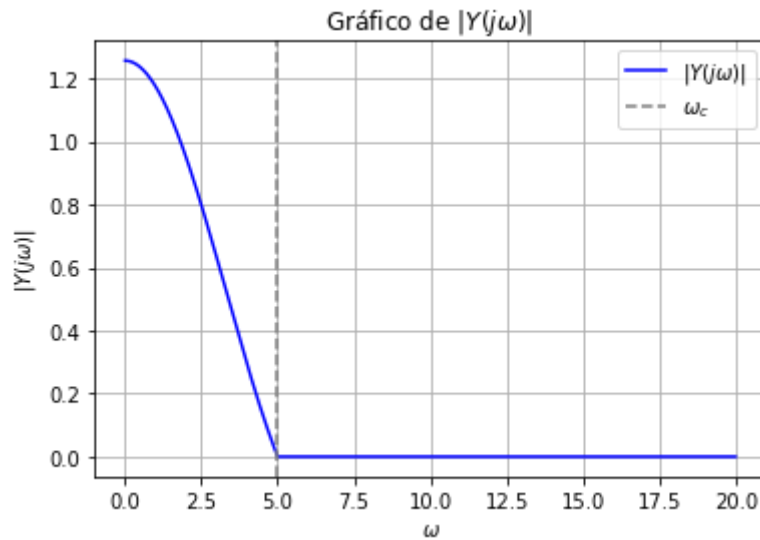
↳ gráfico de $|H_{ideal}(j\omega)|$:



↳ gráfico de $|X(j\omega)|$:



↳ gráfico de $|Y(j\omega)|$:

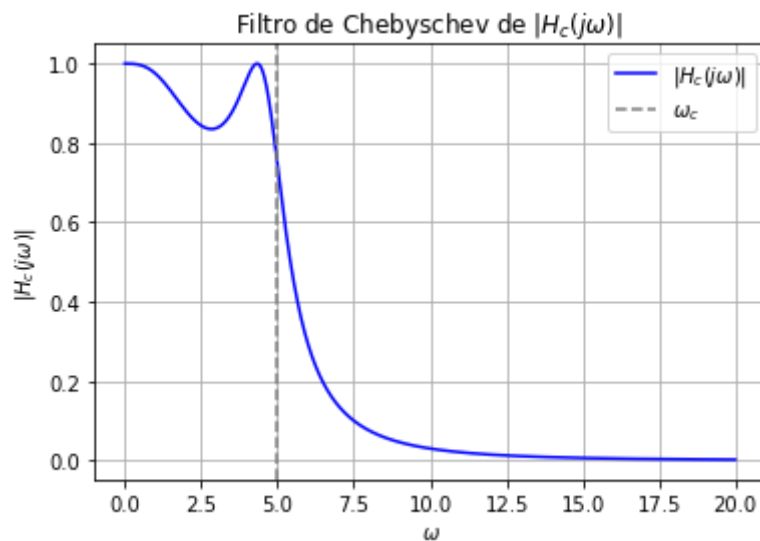


↳ Discussão:

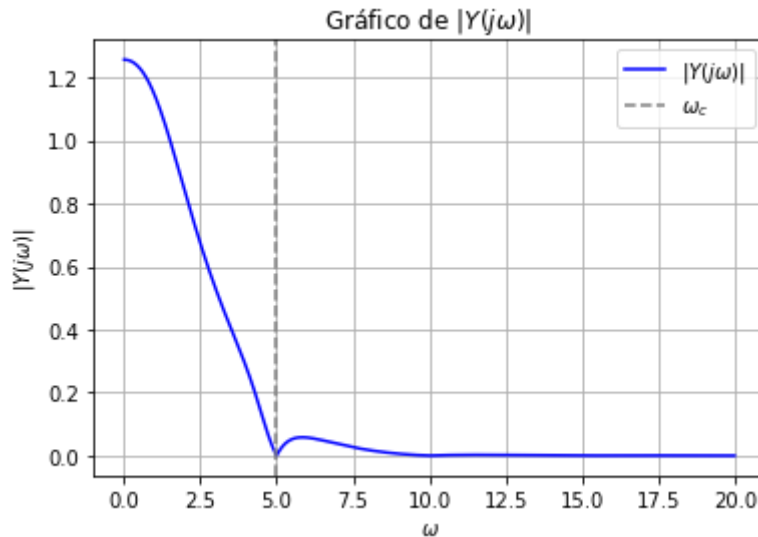
Como o próprio enunciado nos diz, $|H_{ideal}(j\omega)|$ é um filtro ideal passa-baixa, ou seja, para frequências $\omega \leq \omega_c$, o módulo da saída da filtragem é igual a $|X(j\omega)|$ e para frequências $\omega > \omega_c$, a saída é 0.

letra (f)

↳ gráfico de $|H_c(j\omega)|$:



↳ gráfico de $|Y(j\omega)|$:



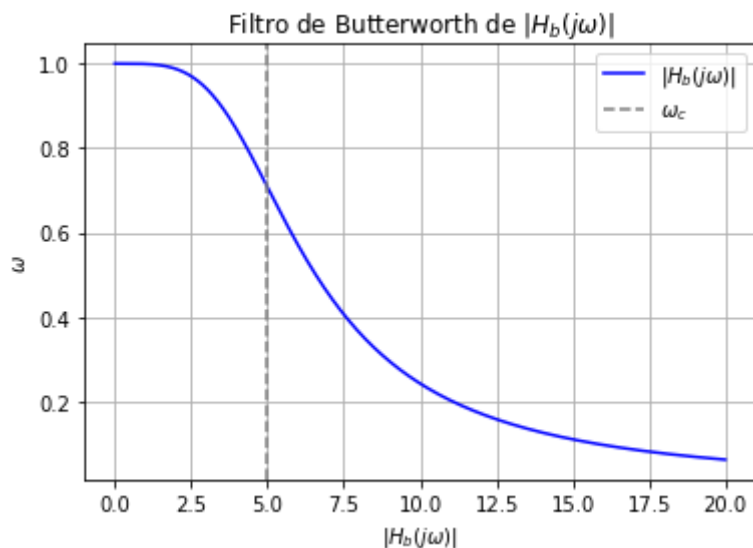
↳ Discussão:

Para encontrar o Filtro de Chebyshev para $|H_c(j\omega)|$ usamos a mesma função que o calcula na letra (a) e para o módulo da saída $|Y(j\omega)|$ usamos a função de filtragem criada na letra (e).

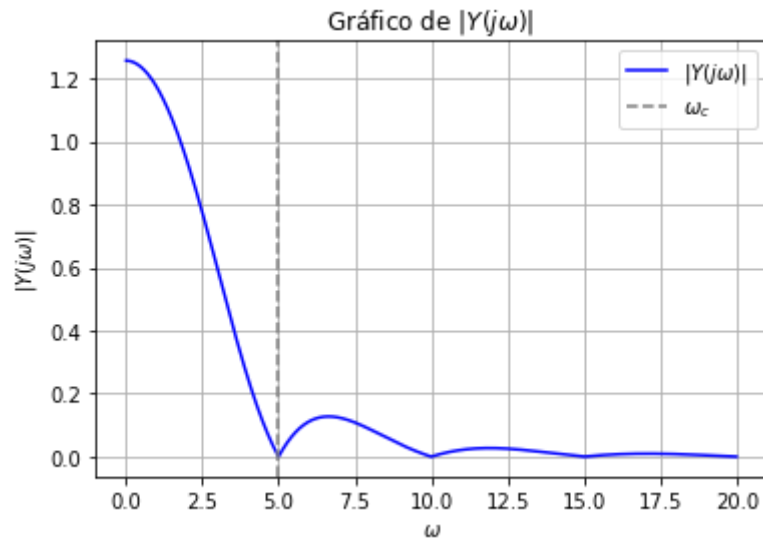
Através dos gráficos, observamos que, neste caso, há uma leve deformação em $|Y(j\omega)|$ comparado com o item anterior, isso se deve ao fato de que o filtro neste item não é ideal como na letra (e).

letra (g)

↳ gráfico de $|H_b(j\omega)|$



↳ gráfico de $|Y(j\omega)|$



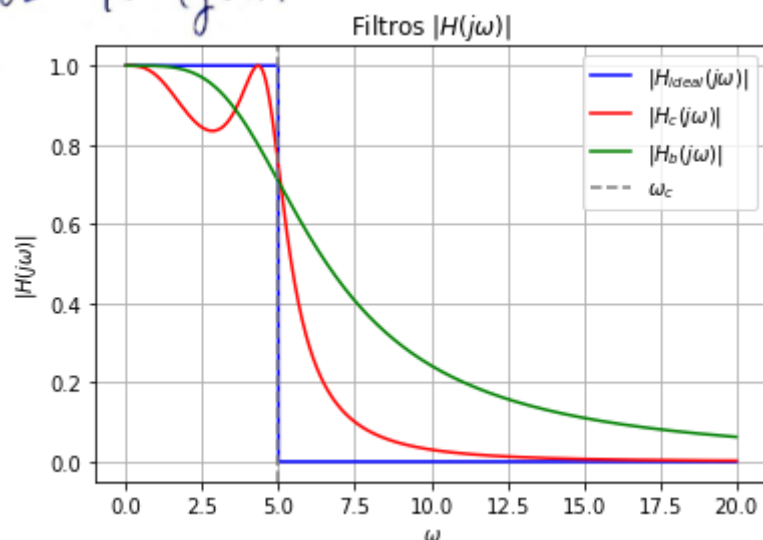
↳ Discussão:

Para encontrar o Filtro de Butterworth para $|H_b(j\omega)|$ usamos a mesma função que calcula o filtro da letra (c) e para o módulo de saída $|Y(j\omega)|$ usamos a função de filtragem criada na letra (e).

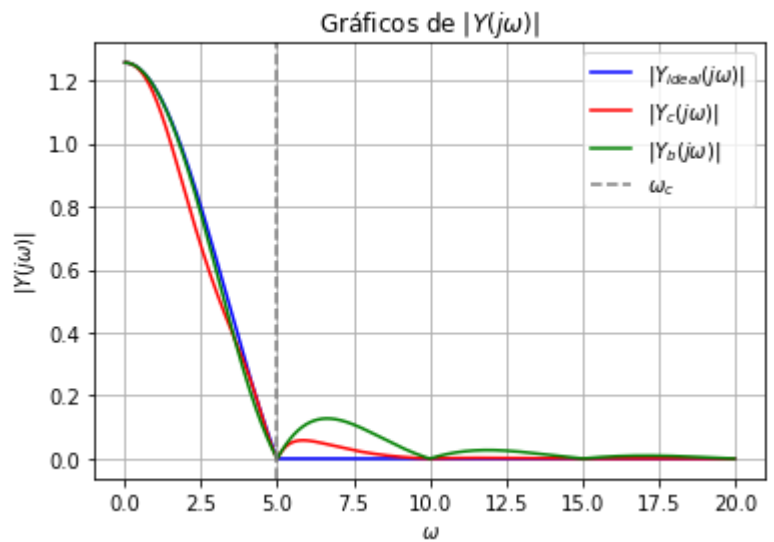
Assim como na letra (g), há uma ~~de~~ deformação em $|Y(j\omega)|$ comparado com a letra (e), isso se deve ao fato de que o filtro não é ideal como na letra em comparação. ■

letra (h)

↳ gráficos dos $|H(j\omega)|$



↳ gráficos dos $|Y(j\omega)|$



↳ Discussão:

Para os gráficos referentes aos filtros $|H_{ideal}(j\omega)|$, $|H_c(j\omega)|$ e $|H_b(j\omega)|$ observamos que somente o ideal $|H_{ideal}(j\omega)|$ decai completamente na frequência de corte $\omega_c = 5$, enquanto que $|H_c(j\omega)|$ e $|H_b(j\omega)|$ possuem distorções porque não são ideais.

Para valores de $\omega \leq \omega_c = 5$, a resposta em frequência de $|H_c(j\omega)|$ apresenta duas oscilações e, para valores de $\omega > \omega_c = 5$, a queda ocorre muito rapidamente, sendo que seu valor vai para zero em um $\omega \approx 3 \cdot \omega_c$. Já para a resposta em frequência de $|H_b(j\omega)|$, o decaimento é mais lento para valores $\omega > \omega_c = 5$, e seu valor vai para zero em um $\omega \approx 4 \cdot \omega_c$.

Esta mesma análise inicial pode ser utilizada em $|Y_{ideal}(j\omega)|$, $|Y_c(j\omega)|$ e $|Y_b(j\omega)|$. Obviamente aqui, observamos que somente o ideal $|Y_{ideal}(j\omega)|$ decai completamente na frequência de corte $\omega_c = 5$, enquanto que $|Y_c(j\omega)|$ e $|Y_b(j\omega)|$ possuem distorções porque não são ideais.

Para frequências $\omega \leq \omega_c = 5$, temos que $|Y_{ideal}(j\omega)| = |X(j\omega)|$ e $|Y_{ideal}(j\omega)| = 0$ para $\omega > \omega_c = 5$. Para $|Y_c(j\omega)|$, notamos que é ligeiramente menor que $|Y_{ideal}(j\omega)|$ e atinge o valor zero quando $\omega \approx 2 \cdot \omega_c$. Já para $|Y_b(j\omega)|$, temos uma similaridade muito grande com $|Y_{ideal}(j\omega)|$ para $\omega \leq \omega_c = 5$, mas para $\omega > \omega_c = 5$ temos mais oscilações se comparado aos outros e chega-se em zero quando $\omega \approx 4 \cdot \omega_c$.