Nome: .... **RA:** ....

Obs.: Resolva as questões nas folhas de papel almaço e copie o resultado no espaço apropriado. Use três algarismos significativos. Números complexos devem ser representados na forma polar, com ângulo em radianos.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

1ª Questão: Determine a solução forçada (regime permanente) do sistema descrito pelas equações (x é a entrada, y é a saída)

$$\dot{v}_1 = -6v_2 + x \quad , \quad \dot{v}_2 = v_1 - 5v_2 + x \quad , \quad y = v_2 + x$$

para a entrada $x(t) = 100\cos(2t)\text{sen}(2t)$

2ª Questão: Determine a resposta causal ao impulso do sistema descrito pela função de transferência $H(s)$ dada por

$$H(s) = \frac{2s - 4}{s^2 + 2s + 5}$$

3ª Questão: a) Determine $Y(s)$ para a equação diferencial

$$(p^2 + 4p + 3)y = 0 \quad , \quad y(0) = a \ , \ \dot{y}(0) = b \quad , \quad p = \frac{d}{dt} \ , \ p^k = \frac{d^k}{dt^k}$$

b) Determine $y(t)$ para $a = b = 1$

4ª Questão: Determine a solução $y(t)$ da equação diferencial

$$(p + 1)^2 y(t) = \exp(-t) \quad , \quad y(0) = \dot{y}(0) = 1 \quad , \quad p = \frac{d}{dt}$$

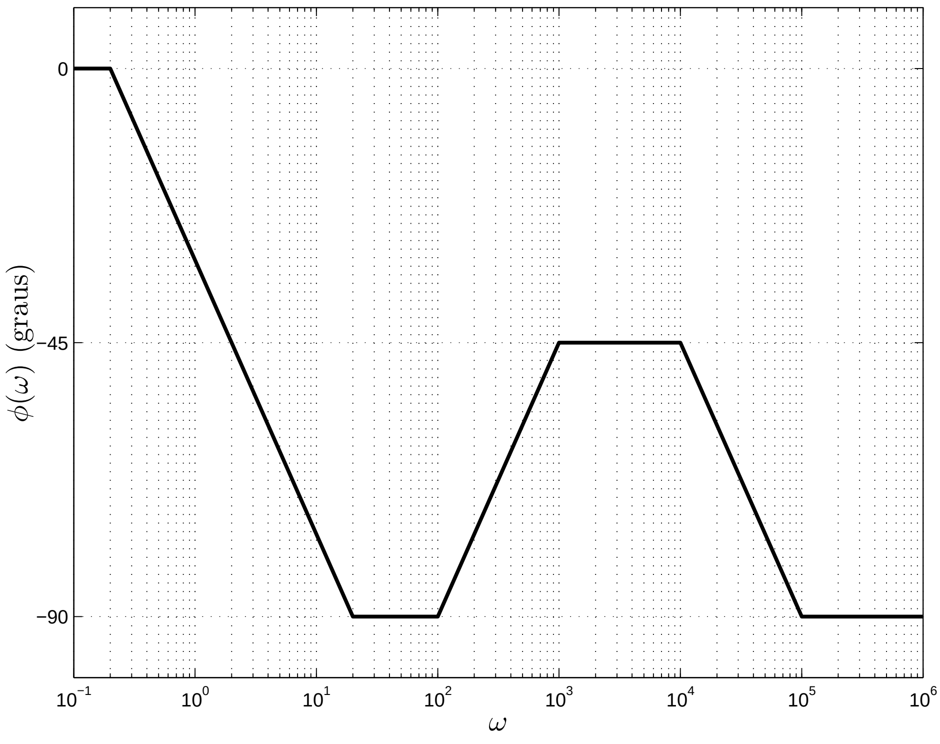
5ª Questão: Determine a equação diferencial homogênea, ordinária, linear, a coeficientes constantes e as condições iniciais que produzem como solução a função $y(t) = t^2 + 2\exp(-t)\cos(2t)$

6ª Questão: Determine as condições iniciais $y(0)$ e $\dot{y}(0)$ que produzem como solução da equação

$$(p+3)(p+2)y = 0$$

a mesma solução $y(t)$ obtida com as condições de contorno $y(0) = 1$, $y(1) = 2$

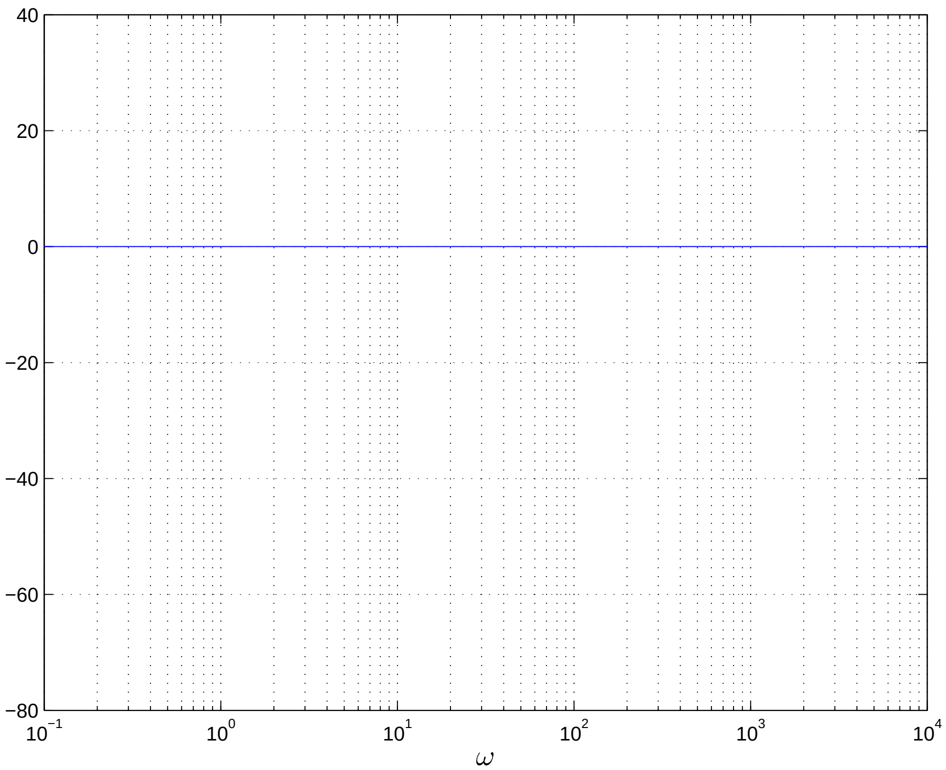
7ª Questão: a) Determine a defasagem da saída $y(t)$ do sistema linear invariante no tempo de fase mínima, cujo diagrama de fase é dado abaixo, para a entrada $x(t) = \cos(3.77 \times 10^3 t)$



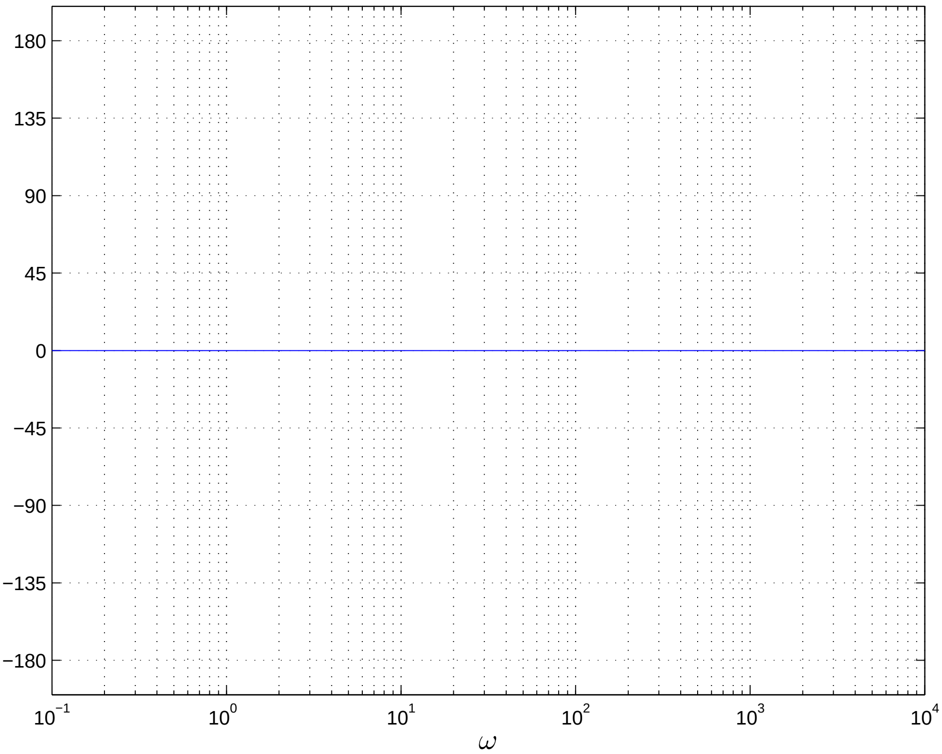
b) Sabendo que o ganho DC do sistema é igual a 10 dB, determine a função de transferência $H(s)$

8ª Questão: a) Esboce as assíntotas do módulo (diagrama de Bode em escala logarítmica) do sistema linear invariante no tempo descrito pela função de transferência

$$H(s) = \frac{(s+1)^2}{s(s+10)(s+100)}$$



b) Esboce as assíntotas da fase (diagrama de Bode em graus) do sistema.



9$^{\underline{a}}$ Questão: Determine a resposta causal ao impulso $h[n]$ (isto é, determine a saída $h[n] = y[n]$ para $x[n] = \delta[n]$ e condições iniciais nulas) do sistema linear invariante no tempo descrito pela equação a diferenças

$$y[n+2] - 4y[n+1] + 4y[n] = \frac{1}{2}x[n+2] + 6x[n+1]$$

10$^{\underline{a}}$ Questão: a) Determine a solução forçada de

$$(p-3)(p+1)y[n] = 2(3^{n+1}) \quad , \quad y[0] = 0 \ , \ y[1] = 19 \quad , \quad py[n] = y[n+1] \ , \ p^k y[n] = y[n+k]$$

b) Determine a solução de

$$(p-3)(p+1)y[n] = 2(3^{n+1}) \quad , \quad y[0] = 0 \ , \ y[1] = 19$$

Consulta

Transformada de Laplace (unilateral):

$$\mathcal{L}\{x(t)\} = \int_0^{+\infty} x(t)\exp(-st)dt$$

$$\mathcal{L}\{\dot{x}(t)\} = s\mathcal{L}\{x(t)\} - x(0) \quad , \quad s \in \Omega_x$$

$$\mathcal{L}\left\{x^{(m)}(t) = \frac{d^m x(t)}{dt^m}\right\} = s^m\mathcal{L}\{x(t)\} - \sum_{k=0}^{m-1} s^{m-k-1}x^{(k)}(0)$$

$$\mathcal{L}\Big\{\frac{t^m}{m!}\exp(-at)u(t)\Big\} = \frac{1}{(s+a)^{m+1}} \ , \ \ \mathrm{Re}(s+a) > 0 \ , \ m \in \mathbb{N}$$

$$\mathcal{L}\{\cos(\beta t)\exp(-at)u(t)\} = \frac{s+a}{(s+a)^2+\beta^2} \ \ , \ \mathrm{Re}(s+a) > 0$$

$$\mathcal{L}\{\mathrm{sen}(\beta t)\exp(-at)u(t)\} = \frac{\beta}{(s+a)^2+\beta^2} \ \ , \ \mathrm{Re}(s+a) > 0$$

$$x(0^+) = \lim_{t\to 0^+} x(t) = \lim_{s\to+\infty} sX(s) \ , \quad \lim_{t\to+\infty} x(t) = \lim_{s\to 0} sX(s)$$

Coeficientes a determinar (equações diferenciais)

$$D(p)y(t) = 0 \quad \Rightarrow \quad y(t) = \sum_{k=1}^{m} a_k f_k(t) \qquad f_k(t) \text{ modos próprios (considerando multiplicidades)}$$

Se λ é raiz de multiplicidade r de $D(\lambda)$, então $\exp(\lambda t)$, $t\exp(\lambda t)$, $\ldots$, $t^{r-1}\exp(\lambda t)$ são modos próprios.

$$D(p)y(t) = N(p)x(t) \quad , \quad \text{se} \ \ \bar{D}(p)x(t) = 0 \ \text{então} \ \ \bar{D}(p)D(p)y(t) = 0$$

$$\text{Solução forçada:} \quad y(t) = y_h(t) + y_f(t) \quad \Rightarrow \quad D(p)y_f(t) = N(p)x(t) \ , \ D(p)y_h(t) = 0$$

Resposta em Freqüência: $H(s) = \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} h(t)\exp(-st)dt \quad , \quad H(j\omega) = H(s)\Big|_{s=j\omega}$

Diagramas assintóticos de Bode: gráficos do módulo (em dB) e da fase (em graus) versus a freqüência em escala logarítmica.

$$M_{\text{dB}}(\omega) = 20\log M(\omega) \ \text{ sendo log o logaritmo na base 10}$$

$$H(s) = H_1(s)H_2(s) \quad \Rightarrow \quad M_{\text{dB}}(\omega) = M_{1\text{dB}}(\omega) + M_{2\text{dB}}(\omega) \quad ; \quad \phi(\omega) = \phi_1(\omega) + \phi_2(\omega)$$

ω_c (freqüência de corte): encontro das assíntotas de baixa e alta freqüência

Pólos complexos: $0 < \xi < 1$, $\omega_n > 0$

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad \Rightarrow \quad \lambda_2^* = \lambda_1 = -\xi\omega_n + j\omega_n\sqrt{1-\xi^2}$$

$$\text{pico } (0 < \xi < 1/\sqrt{2}): \quad \omega_r = \omega_n\sqrt{1-2\xi^2} \ \ ; \ \ M(\omega_r) = \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}$$

Transformada Z: $\mathcal{Z}\{x[n]\} = X(z) = \displaystyle\sum_{k=-\infty}^{+\infty} x[k]z^{-k}$, $\quad \mathcal{Z}\{\delta[n]\} = 1, \quad \mathcal{Z}\{\delta[n+m]\} = z^m$, $m \in \mathbb{Z}$

$$\mathcal{Z}\{x[n+m]u[n]\} = z^m\mathcal{Z}\{x[n]u[n]\} - \sum_{k=0}^{m-1} x[k]z^{m-k} \quad , \quad m \in \mathbb{Z}_+$$

$$\mathcal{Z}\{a^n u[n]\} = \frac{z}{z-a} \quad , \quad \mathcal{Z}\{na^n u[n]\} = \frac{az}{(z-a)^2} \ , \ |z| > |a|$$

$$\mathcal{Z}\{n^2a^n u[n]\} = \frac{az^2 + a^2z}{(z-a)^3} \quad , \quad \mathcal{Z}\left\{\begin{pmatrix} n+m \\ m \end{pmatrix} a^n u[n]\right\} = \frac{z^{(m+1)}}{(z-a)^{(m+1)}} \quad , \quad m \in \mathbb{N} \quad , \quad |z| > |a|$$

$$\mathcal{Z}\left\{\begin{pmatrix} n \\ m \end{pmatrix} a^{n-m} u[n]\right\} = \frac{z}{(z-a)^{m+1}} \quad , \quad m \in \mathbb{N} \quad , \quad |z| > |a|$$

Coeficientes a determinar (equações a diferenças)

$$D(p)y[n] = 0 \quad \Rightarrow \quad y[n] = \sum_{k=1}^{m} a_k f_k[n] \quad f_k[n] \text{ modos próprios (considerando multiplicidades)}$$

Se λ é raiz de multiplicidade r de $D(\lambda)$, então λ^n, $n\lambda^n$, $\ldots$, $n^{r-1}\lambda^n$ são modos próprios.

$$D(p)y[n] = N(p)x[n] \ \ , \ \text{ se } \ \bar{D}(p)x[n] = 0 \text{ então } \ \bar{D}(p)D(p)y[n] = 0$$

$$\text{Solução forçada:} \quad y[n] = y_h[n] + y_f[n] \quad \Rightarrow \quad D(p)y_f[n] = N(p)x[n] \ , \ D(p)y_h[n] = 0$$