

Aluno: Victor Calebe Cavalcante de Macedo

## Questão 1 ▽

Somem  $180^\circ$  ←

ou seja, devemos pegar o maior ângulo.

$$G(s) = 1/(s - 0,5)$$

$$G(s) = \frac{1}{0,5} \times \frac{1}{\frac{s-1}{0,5}} \Rightarrow \frac{2}{2s-1}; \text{ logo } G(s) = \frac{2}{2s-1}$$

módulo de  $G(j\omega) \Rightarrow 2 \div (4\omega^2 + 1)^{1/2}$

fase de  $G(j\omega) \Rightarrow -\arctg(-2\omega)$   
→ p.e

logo, o número complex.  
 está no quadrante esquerdo (p.e)  
 parte real negativa

Para  $s =$  ; módulo ; fase

0	2	$\arctg(0/-1) + 180^\circ = 180^\circ$
$1j$	0,89	$\arctg(2/-1) + 180^\circ = 243^\circ$
$2j$	0,48	$\arctg(4/-1) + 180^\circ = 255^\circ$
$10j$	0,1	$\arctg(20/-1) + 180^\circ = 267^\circ$
$50j$	0,019	$\arctg(100/-1) + 180^\circ = 269,42^\circ$
$\infty$	$\approx 0$	$0^\circ \rightarrow$ número real positivo

$$\begin{aligned} Z_1 &= 2 \angle 180^\circ \\ Z_2 &= 0,89 \angle 243^\circ \\ Z_3 &= 0,48 \angle 255^\circ \\ Z_4 &= 0,1 \angle 267^\circ \\ Z_5 &= 0,019 \angle 269,42^\circ \\ Z_6 &= 0 \angle 0^\circ \end{aligned}$$

Contorno de Nyquist

Diagrama Polar (Nyquist)

Contorno de Nyquist :

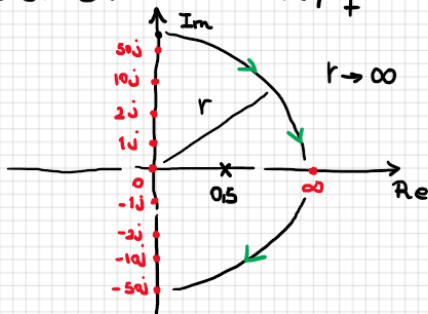
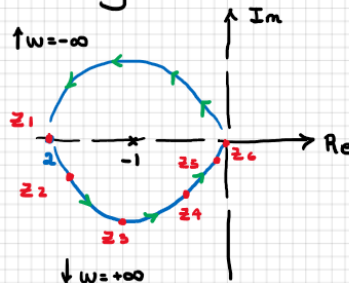


Diagrama Polar :



Polos instáveis = -1 ; Diagrama polar → anti-horário

Envolvimento no ponto crítico = 1

$Z = -1 + 1 = 0$  ; logo → Sistema de malha fechada é Estável

Questão 2 x  $G(s) = \frac{1}{(s+1)(s-0,5)}$

módulo de  $G(j\omega) = \left[ (\overset{SPD}{\omega^2+1})^{\frac{1}{2}} \times (\overset{SPE}{\omega^2+0,25})^{\frac{1}{2}} \right]^{-1}$

fase de  $G(j\omega) = -1 \times (\underbrace{\arctg \omega}_{SPD} - \underbrace{\arctg 2\omega}_{SPE}) \xrightarrow{+180^\circ}$

para $s = j$	fase	" módulo "
0	" $-1 \times (0^\circ - 180^\circ) = 180^\circ$	" 2 " $z_1$
1j	" $-1 \times (45^\circ - 243^\circ) = 198^\circ$	" 0,63 " $z_2$
2j	" $-1 \times (63,43^\circ - 233^\circ) = 192,63^\circ$	" 0,21 " $z_3$
10j	" $-1 \times (89,28^\circ - 267^\circ) = 182,83^\circ$	" 0,009 " $z_4$
100j	" $-1 \times (89,42^\circ - 269,71^\circ) = 180,3^\circ$	" $\approx 0$ " $z_5$
$\infty$	" $0^\circ$	" $\approx 0$ " $z_6$

Contorno de Nyquist :

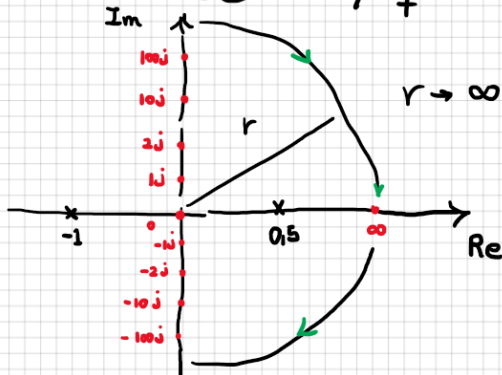
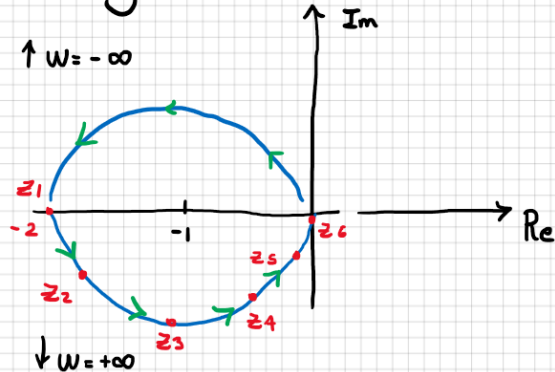


Diagrama Polar



Número de polos instáveis = -1 (Diagrama Polar  $\rightarrow$  Anti-horário)

Envolvimento no ponto crítico = 1

$z = -1 + 1 = 0$  ; Logo : De acordo com o Critério de Nyquist, o sistema de malha fechada é Estável.

Questão 3 :  $G(s) = (s+1) \times \frac{1}{s-0,5}$

módulo de  $G(j\omega) \Rightarrow (\omega^2+1)^{1/2} \div (\omega^2+0,25)^{1/2}$

fase de  $G(j\omega) \Rightarrow \arctg(\omega) + \arctg(2\omega)$

Para  $s = j\omega$  " módulo " fase

0	2	$0 + 180^\circ = 180^\circ$	$z_1$
1j	1,26	$45^\circ + 243^\circ = 288^\circ$	$z_2$
2j	1,084	$63,43^\circ + 255^\circ = 319^\circ$	$z_3$
10j	1,003	$84,28^\circ + 267^\circ = 351,41^\circ$	$z_4$
50j	1,00014	$88,86^\circ + 269,42^\circ = 358^\circ$	$z_5$
100j	1	$89,42^\circ + 269,71^\circ = 359,13^\circ$	$z_6$
$\infty$	0	1	$z_7$

Contorno de Nyquist :

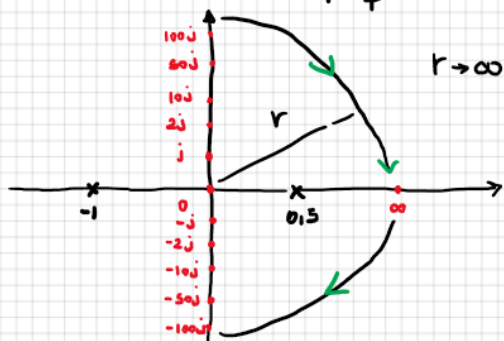
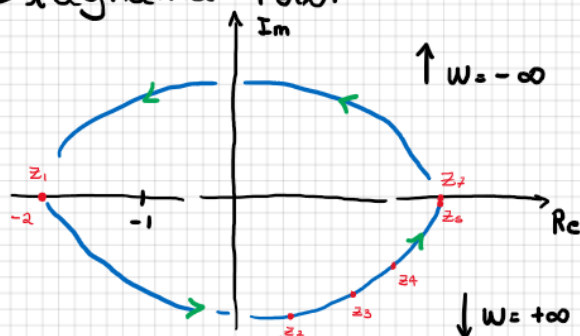


Diagrama Polar :



Número de polos instáveis = -1 ( $D_p \rightarrow$  Anti-horário)

Envolvimento no ponto crítico = 1

$Z = -1 + 1$ ; Logo, o sistema em malha fechada

é Estável.

Essa questão não bateu  
com o gráfico feito em Python

Logo, não tenho certeza se está correta

Questão 4 ▽  $G(s) = \frac{1}{s^2 \times (s+1) \times (s+0,5)}$

módulo =  $[w^2 \times (w^2+1)^{1/2} \times (w^2+0,25)^{1/2}]^{-1}$

$s^2 \Rightarrow j^2 w^2 = -w^2$  ; logo fase =  $180^\circ$

fase =  $-[180^\circ + \underbrace{\arctg w}_{\text{apd}} + \underbrace{\arctg 2w}_{\text{apd}}]$

Para  $s = j\omega$  || módulo , fase

0	$\rightarrow \infty$	$-180^\circ$	$z_1$
0,1j	195,14	$-197^\circ$	$z_2$
1j	0,63	$-288^\circ$	$z_3$
5j	$\approx 0$	$-342^\circ$	$z_4$
10j	$\approx 0$	$-351^\circ$	$z_5$
100j	$\approx 0$	$-359,14^\circ$	$z_6$
$\infty$	$\approx 0$	$\approx -360^\circ$	$z_7$

Contorno de Nyquist :

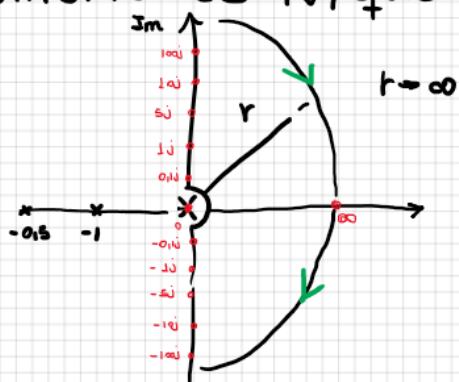
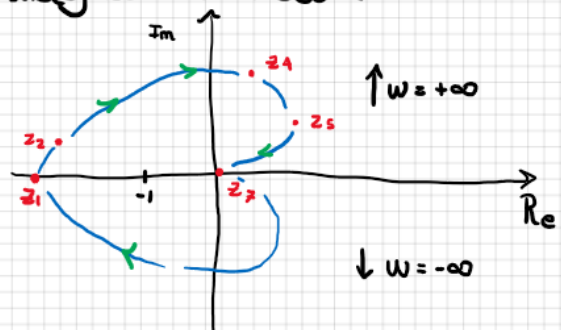


Diagrama Polar



número de polos instáveis = 0

número de envoltimentos no ponto crítico = 1

$Z = 1 + 0 = 1$  ; Logo : Sistema de malha fechada  $\Rightarrow$  Instável

Questão 5  $\triangleright G(s) = \frac{s}{(s+1)(s+0,5)}$

módulo =  $w \div [(w^2+1)^{\frac{1}{2}} \times (w^2+0,25)^{\frac{1}{2}}]$   
 $\swarrow$ pd  $\searrow$ pd

fase =  $90^\circ - [\arctg w + \arctg 2w]$

Para  $s = j\omega$  módulo e fase

0	"	0	"	$90^\circ$	$z_1$
0,1j	"	0,195	"	$72^\circ$	$z_2$
0,5j	"	0,632	"	$18,43^\circ$	$z_3$
j	"	0,632	"	$-18,43^\circ$	$z_4$
1aj	"	0,099	"	$-81^\circ$	$z_5$
10aj	"	$\approx 0$	"	$-89^\circ$	$z_6$
$\infty$	"	$\approx 1/2$	"	$-90^\circ$	$z_7$

Contorno de Nyquist :

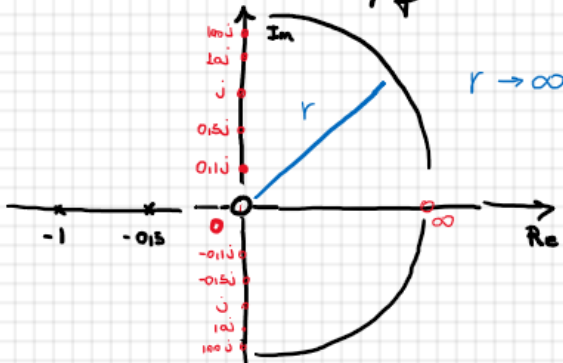
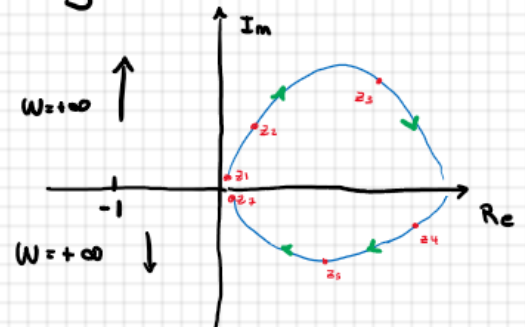


Diagrama Polar :



Número de polos instáveis = 0

Envolvimento no ponto crítico = 0

$z = 0$  ; Logo o sistema de malha fechada é **Estável**.