

6.8 - CONSTRUÇÃO DO CONTROLADOR

- Problema:

- Dadas as restrições de projeto

- Obter $K(s)$

- Loop shaping

- Definição de $K(s)$: construtivamente a partir de

elementos básicos

- ganhos simples

- polos/zeros reais simples

- avançadores/atrasadores de fase

- pares de polos/zeros conjugados

- Elementos básicos (exceto ganho simples!) parametrizados de forma que:

- ganho unitário (0 dB) em baixas frequências

- defasagem nula " " "

- Procedimento de projeto

- parte-se da resposta em frequência de G (nominal)

- em cada passo acrescenta-se um elemento

básico ao compensador procurando-se fazer

com que as restrições de projeto sejam

respeitadas (no sentido das frequências

crescentes)

- p/cada elemento básico adicionado ao compensador:

- escolha da natureza do elemento

- cálculo dos valores dos parâmetros do elemento

- Porque se constrói o compensador no sentido das frequências crescentes?

- Porque elementos adicionados para terem

efeito em frequências mais altas não "des-

troem" os efeitos dos elementos em frequências mais baixas

6.8.1 - INTEGRADORES

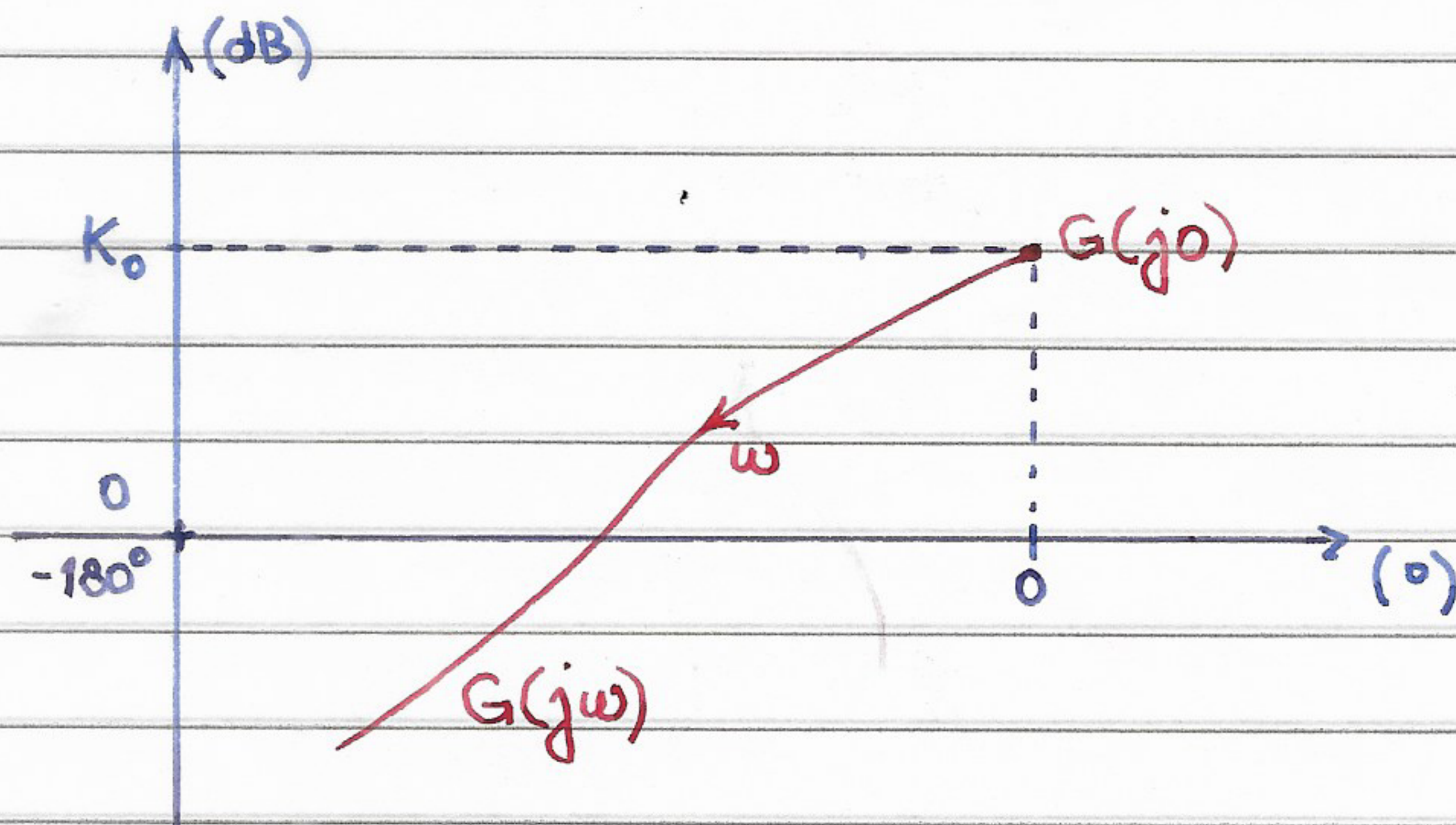
- Especificações de erro estacionário \Rightarrow inclusão ou não de integradores na malha
- Tipo do sistema via plano de Nichols

- Tipo 0

$$G(s) = K_0 \frac{(C_1 s + 1)(C_2 s + 1) \dots (C_m s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \dots (T_n s + 1)}$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} |G(j\omega)| = |K_0| = 0 \quad \text{em geral!}$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} |G(j\omega)| = |K_0| = K_0$$

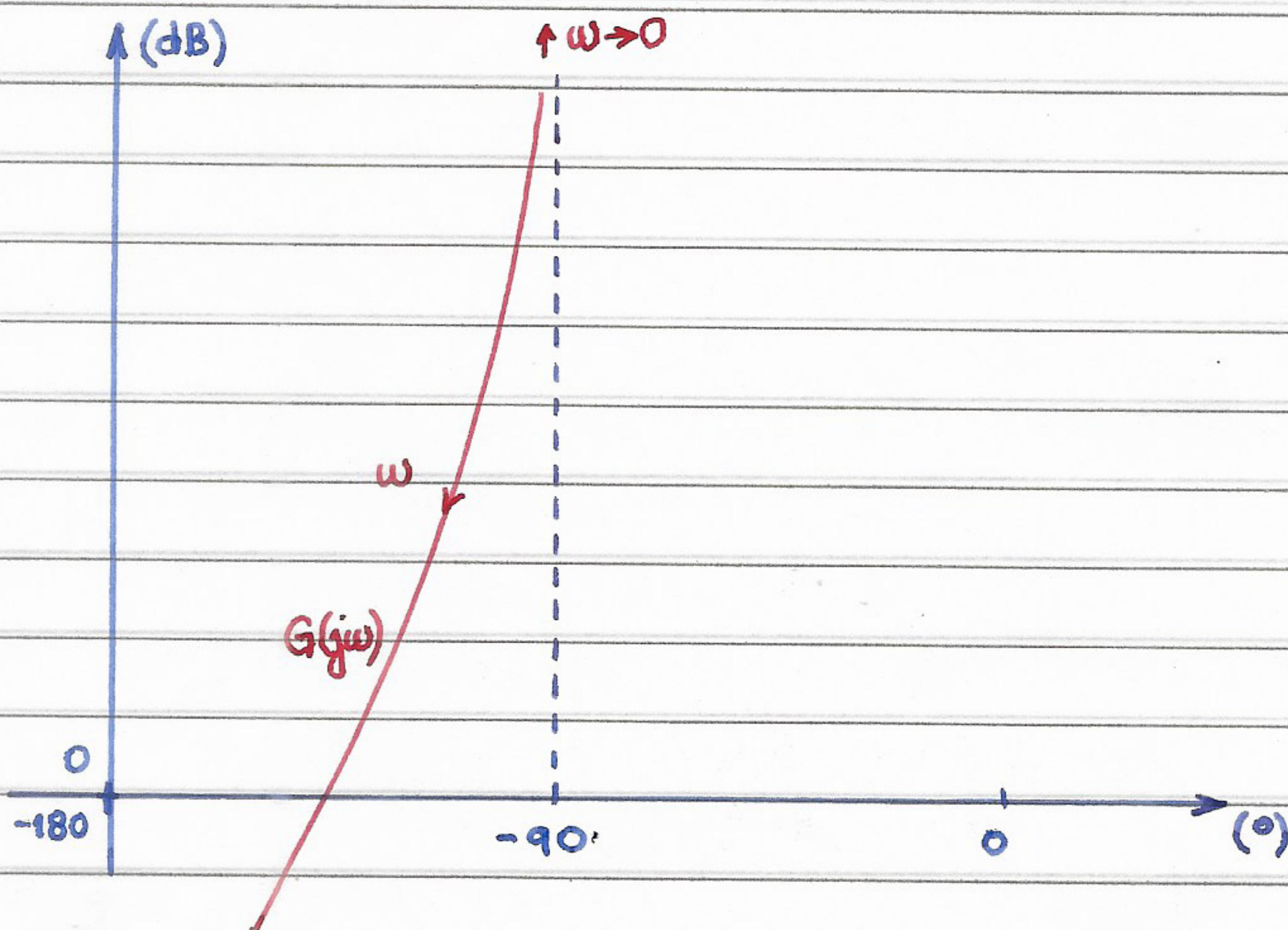


- Tipo 1

$$G(s) = K_0 \frac{(C_1 s + 1)(C_2 s + 1) \dots (C_m s + 1)}{s (T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \dots (T_n s + 1)}$$

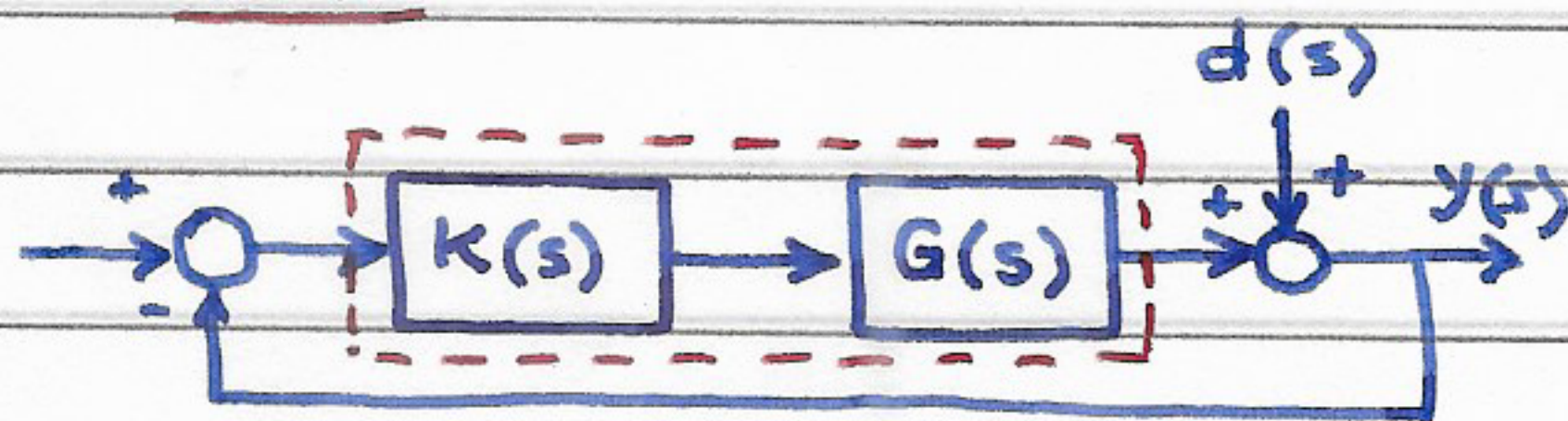
$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \angle G(j\omega) = -90^\circ \quad (\text{se } K_0 > 0)$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} |G(j\omega)| = +\infty$$

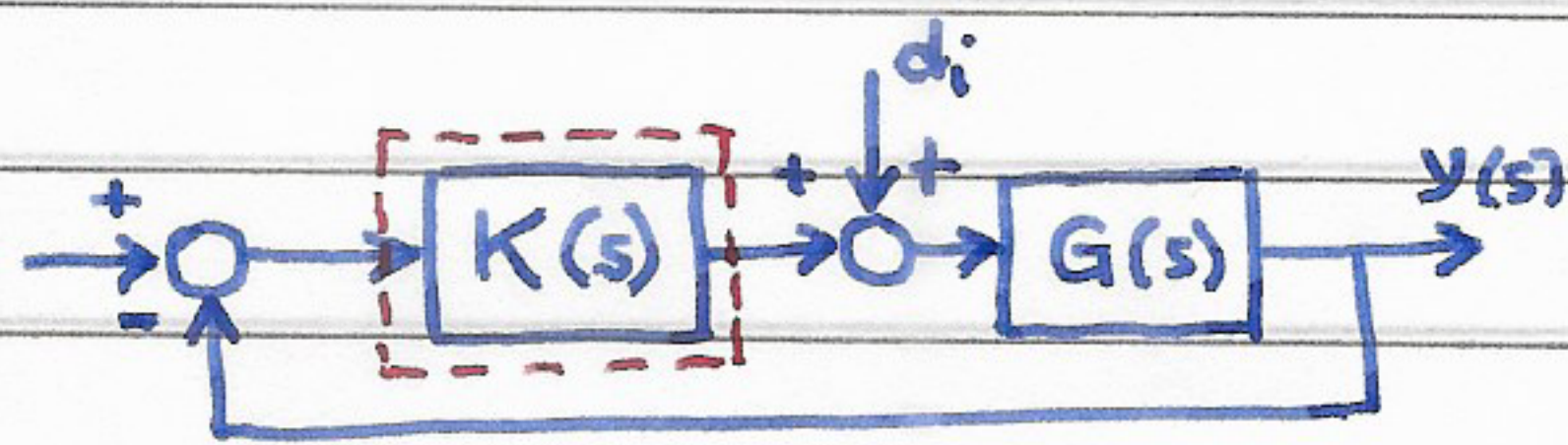


- Adição de integradores \Rightarrow efeito desestabilizante

- deslocamento do gráfico para a esquerda

NOTA

Nº de polos na origem \rightarrow
 $G(s)K(s)$



Nº de polos na origem \rightarrow
 $K(s)$

6.8.2 - GANHO SIMPLES

$$K(s) = k \quad (k \in \mathbb{R}^+)$$

- $k > 1$

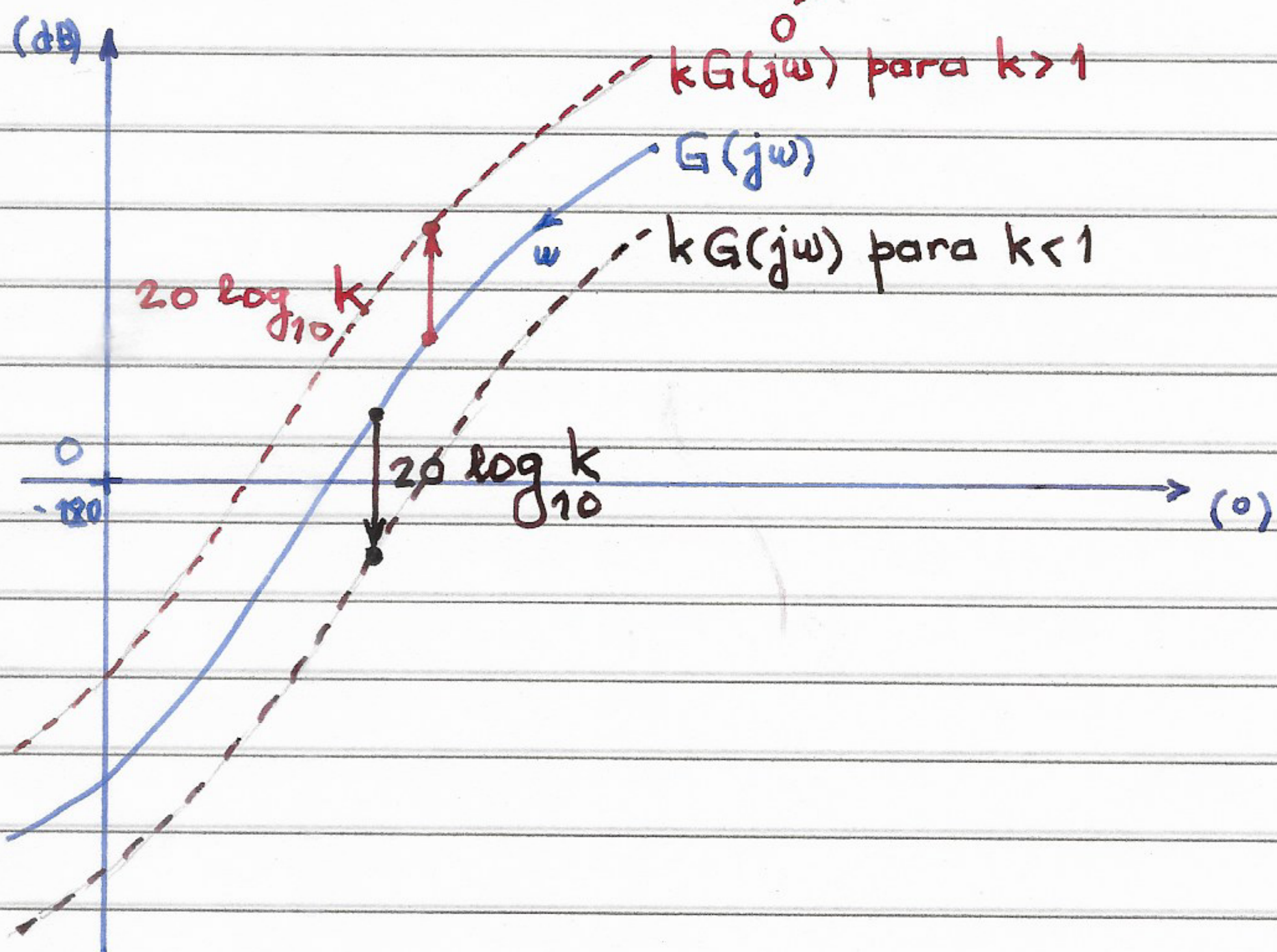
$$20 \log_{10} |G(j\omega)K(j\omega)| = 20 \log_{10} |G(j\omega)| + \underbrace{20 \log_{10} k}_{> 0}$$

- $k < 1$

$$20 \log_{10} |G(j\omega)K(j\omega)| = 20 \log_{10} |G(j\omega)| + \underbrace{20 \log_{10} k}_{< 0}$$

- $k \in \mathbb{R}^+$

$$|G(j\omega)K(j\omega)| = |G(j\omega)| + |k|$$

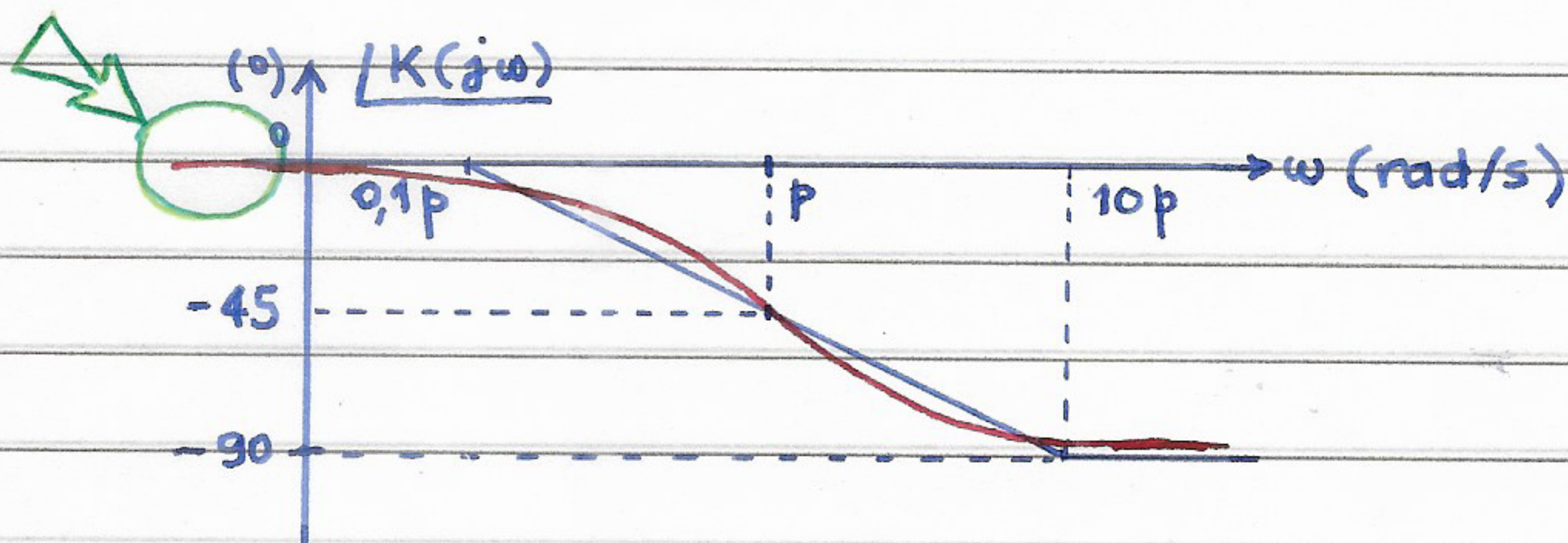
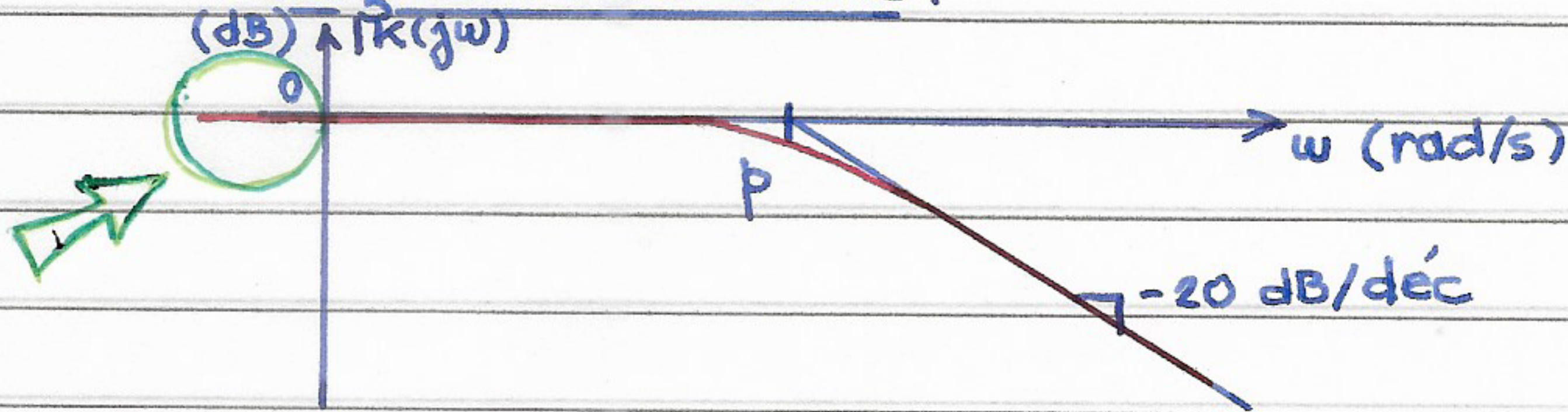


6.8.3 - POLOS E ZEROS REAIS SIMPLES

• POLOS REAIS SIMPLES

$$K(s) = \frac{p}{s+p} = \frac{1}{\frac{s}{p} + 1} \quad (p > 0)$$

- Diagramas de Bode :



- Plano de Nichols

Ver figura 6.8, pg 84 da Apostila.

• ZEROS REAIS SIMPLES

$$K(s) = \frac{s+z}{z} = \frac{\frac{s}{z} + 1}{1} \quad (z > 0)$$

- Diagramas de Bode :

- Ganho : simétrico do acima em relação ao eixo de 0dB
- Fase : " " " " " " " " 0°
- Frequência de canto : $\omega = z$

- Plano de Nichols

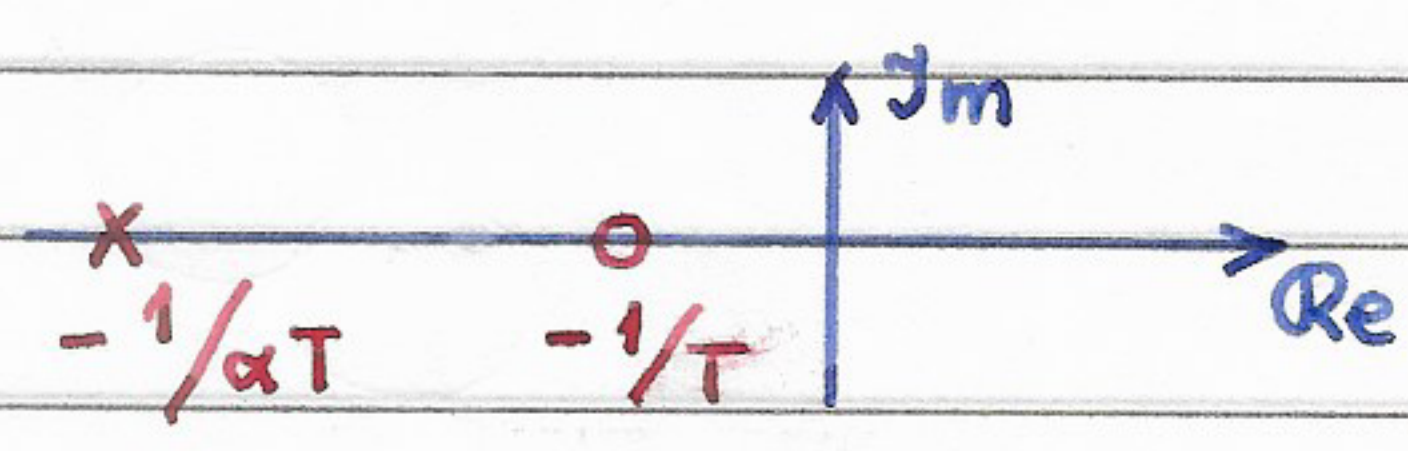
Ver figura 6.9, pg. 85 das Notas de Aula

6.8.4 - AVANÇADORES E ATRASADORES DE FASE

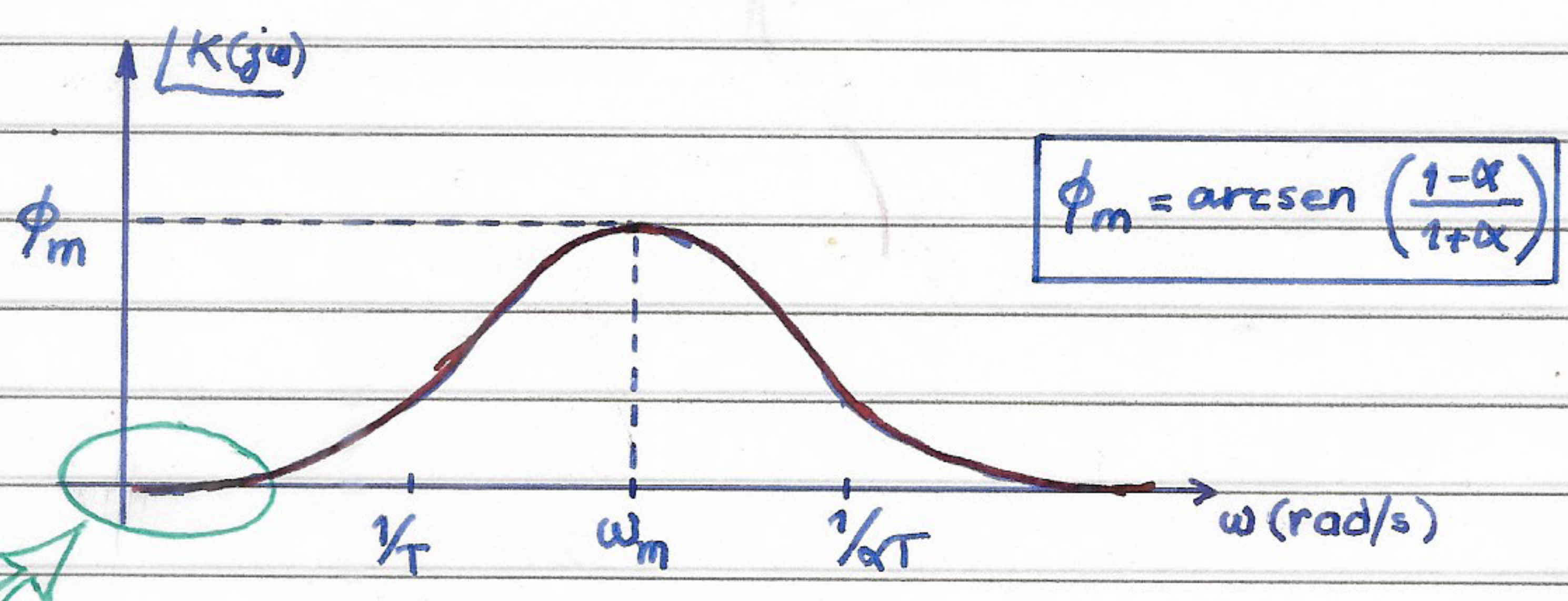
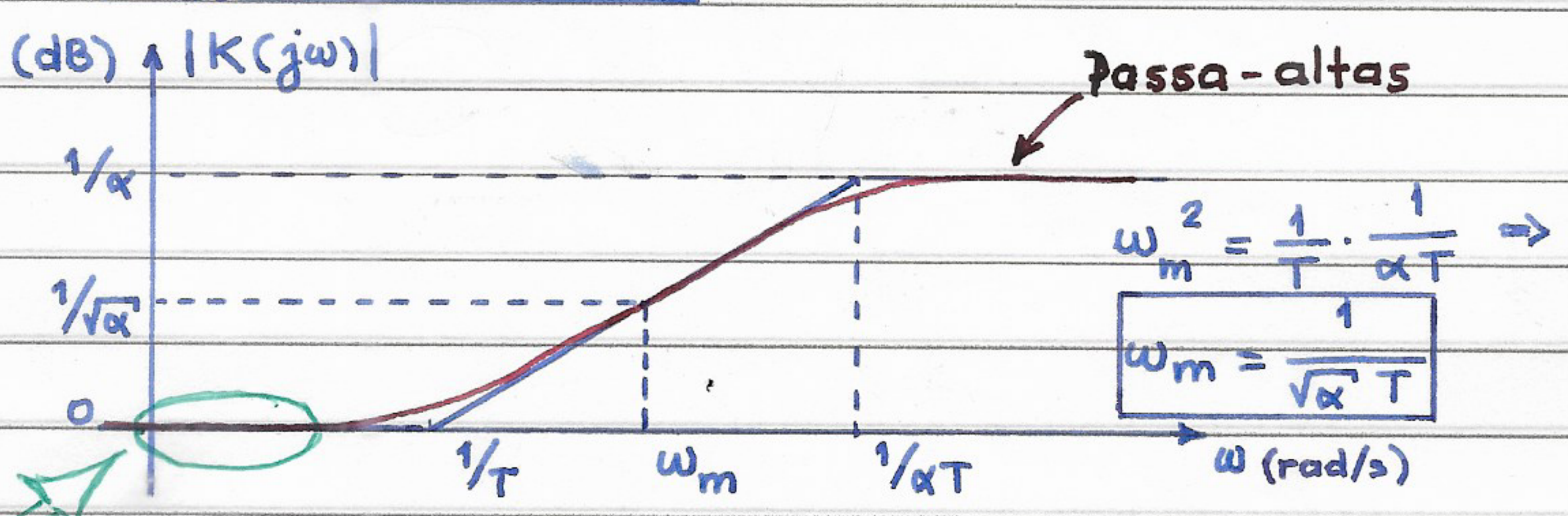
• AVANÇADORES DE FASE

$$K(s) = \frac{1+sT}{1+s\alpha T}$$

$$0,1 \leq \alpha < 1, T > 0$$



- Diagramas de Bode



- Plano de Nichols

Ver figura 6.10 das Notas de Aula (pg. 86)