

## EXPERIÊNCIA 7

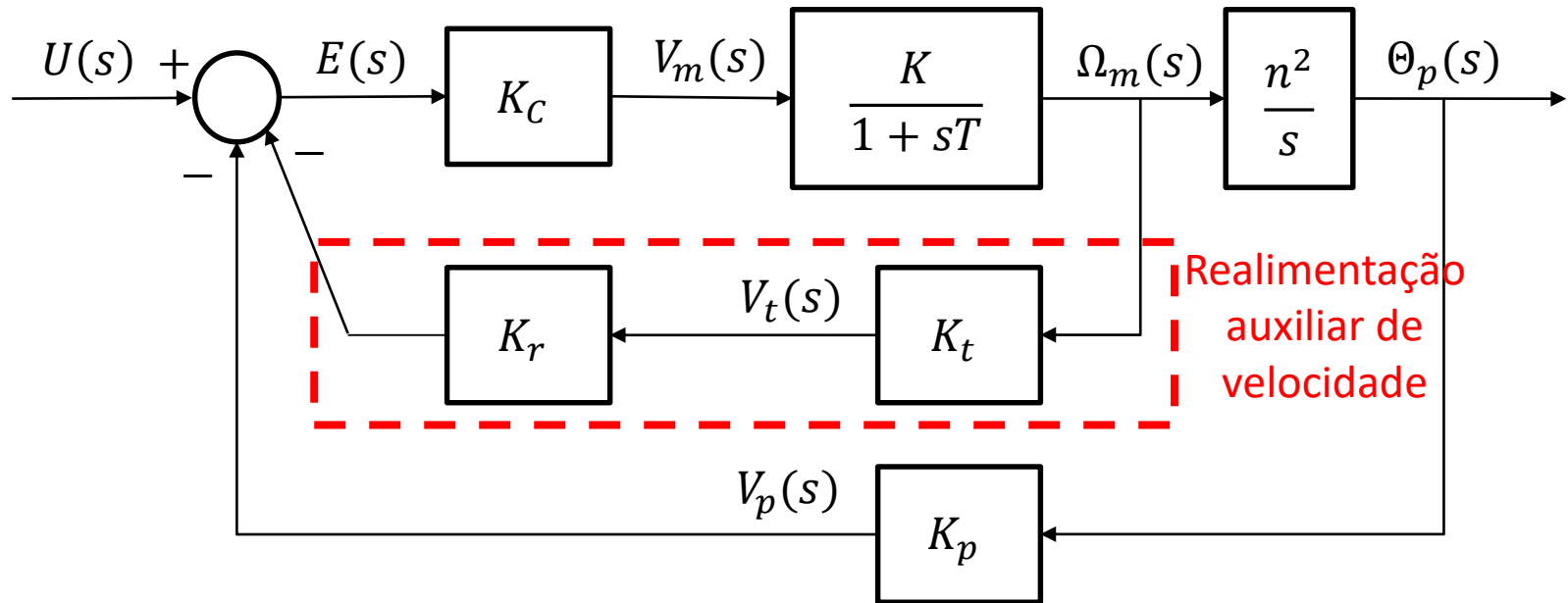
# **Controle de posição com realimentação auxiliar de velocidade**

PTC 3312 – Laboratório de Controle  
2º semestre de 2017  
Fábio Fialho

Laboratório de Automação e Controle  
Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

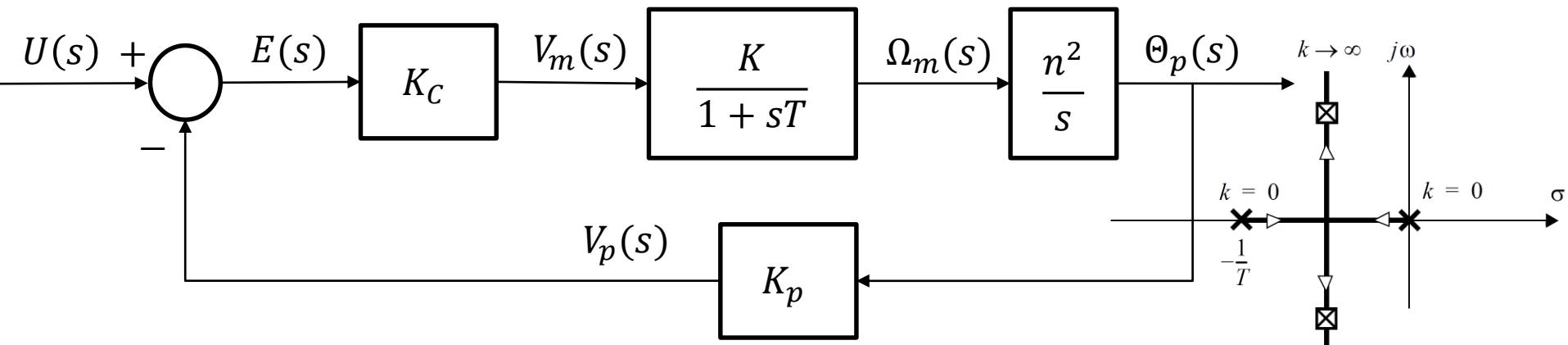
# Objetivo

Na experiência 5 projetamos um controle proporcional para controle de posição e velocidade:

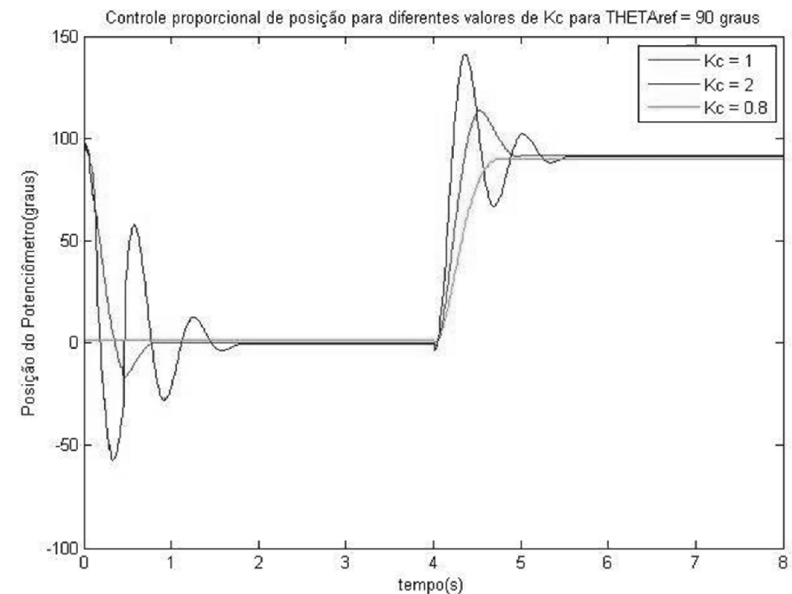


Nesta experiência, desejamos projetar um controlador proporcional com realimentação auxiliar de velocidade para **controle de posição**.

# O que aprendemos sobre controlador proporcional de **posição**?

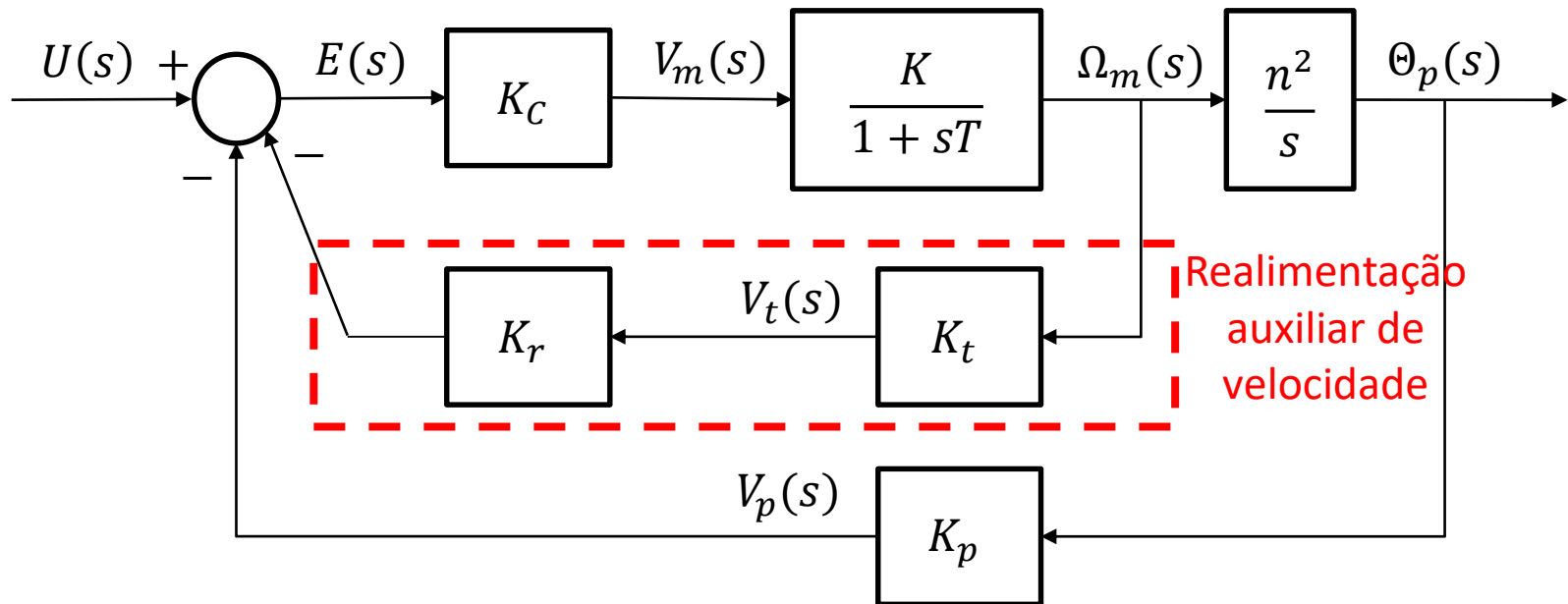


- O controlador proporcional apresenta o seguinte conflito:
  - é desejável fazer o ganho do controlador  $K_C$  tão grande quanto possível a fim de se
    - reduzir o tempo de subida para a entrada degrau
    - e adicionalmente minimizar os efeitos de não-linearidades como o atrito seco.
  - Porém valores grandes de  $K_C$  tendem a aumentar o sobressinal da resposta a degrau do sistema em malha fechada e saturar o atuador, o que é indesejável.

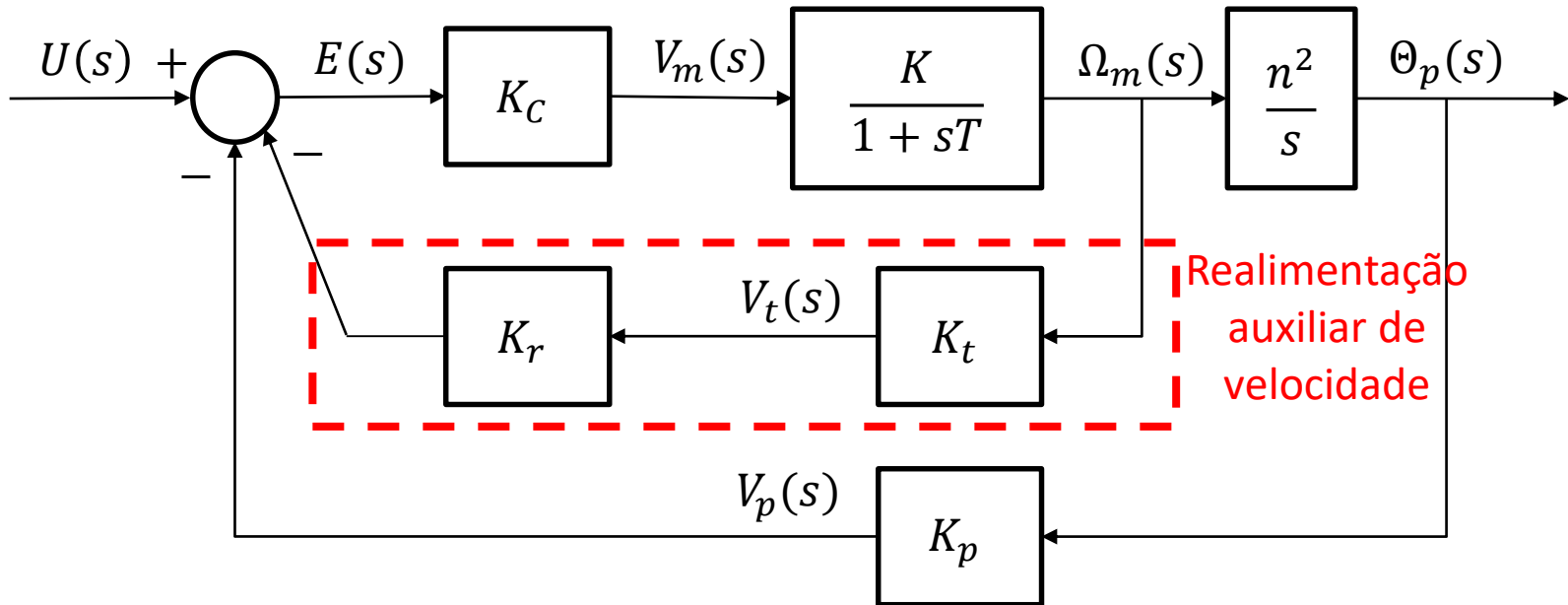


# O controlador proporcional de **posição** com realimentação auxiliar de velocidade

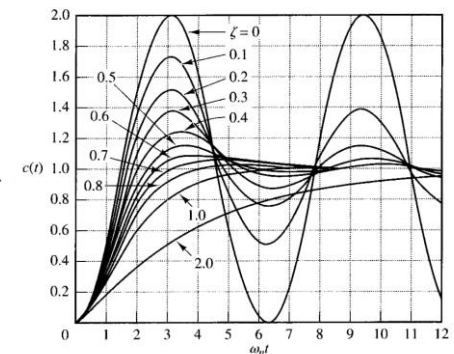
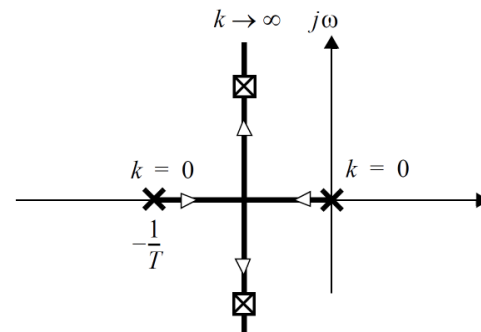
- Para atingir um compromisso razoável de desempenho pode-se utilizar a *realimentação auxiliar de velocidade*, que consiste na realimentação de um sinal proporcional à velocidade angular do servomecanismo somado a um sinal proporcional à posição:



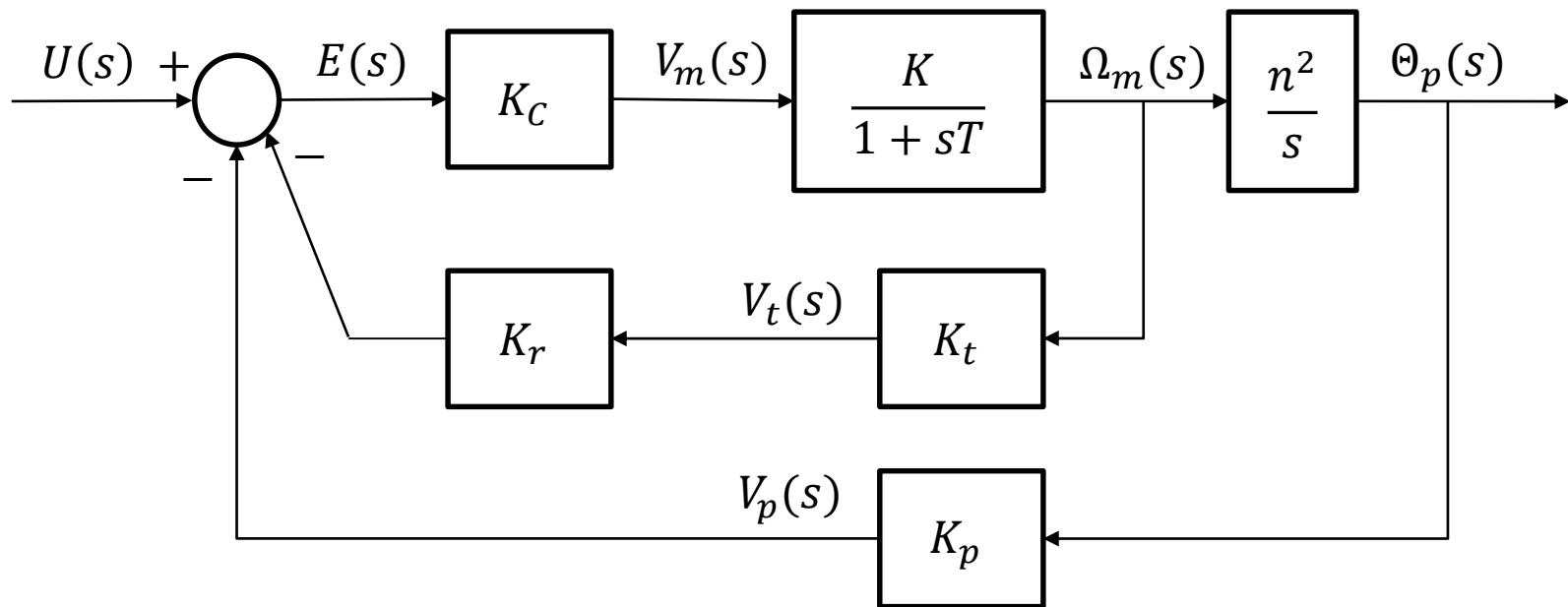
# Análise do sistema em malha fechada



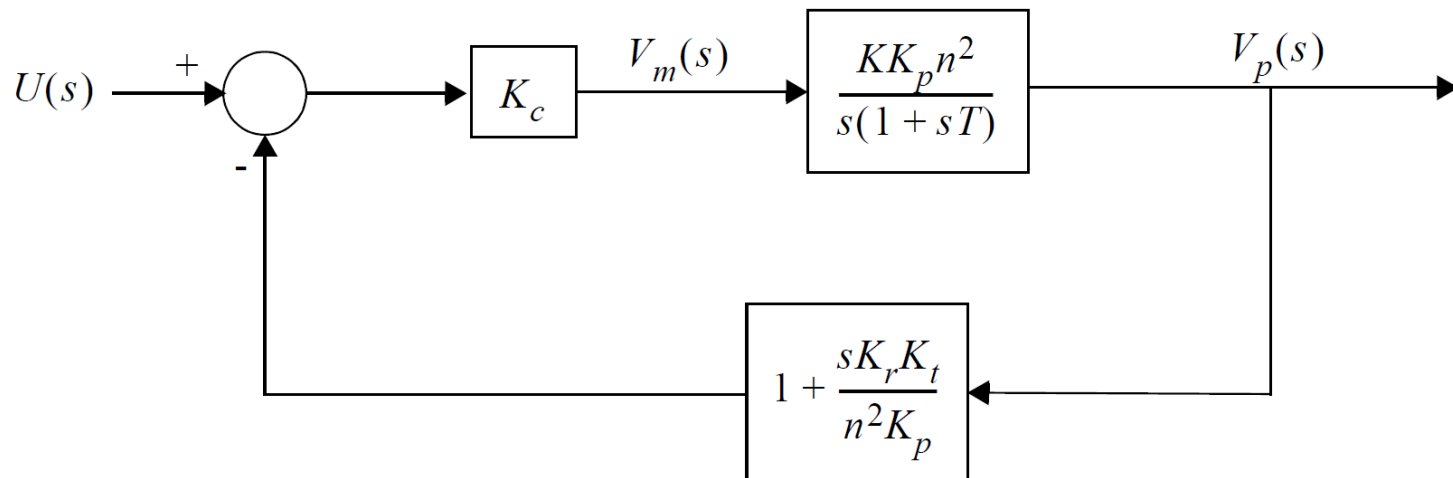
- Quando se considera  $K_r = 0$ , o sistema de controle se reduz a um controlador proporcional.
- O lugar das raízes para um sistema com  $K_r = 0$  é idêntico ao do controle proporcional.
- Portanto, aumentando-se o ganho de malha, obtém-se polos de malha fechada cada vez mais afastados do eixo real, o que implica em um comportamento oscilatório cada vez mais pronunciado para o sistema.



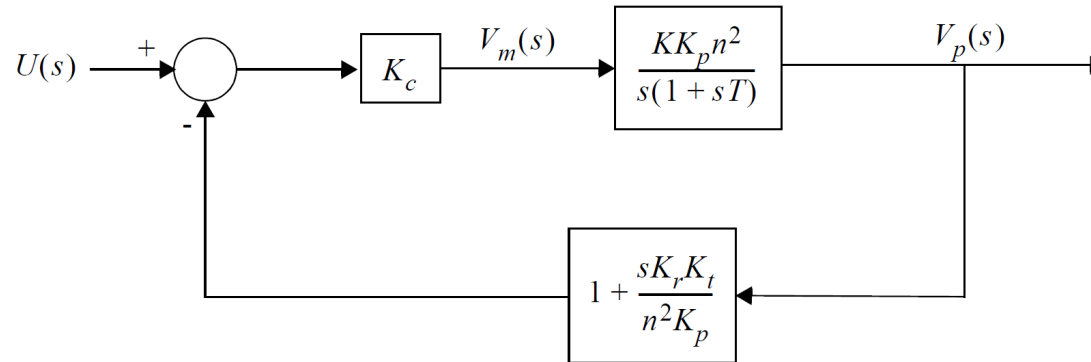
# Estrutura do controlador



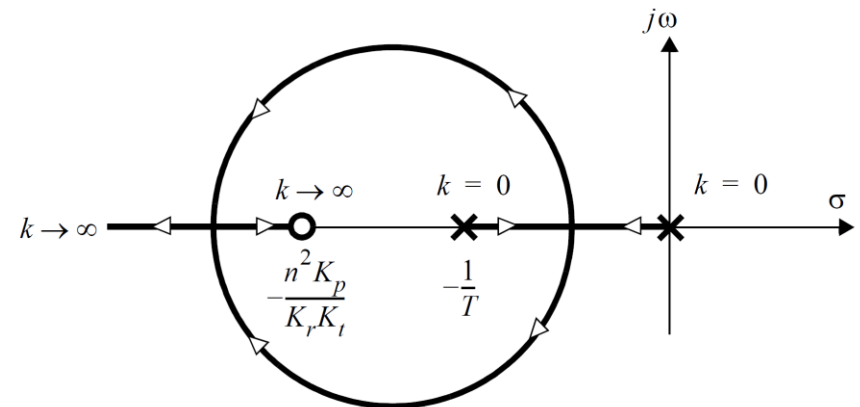
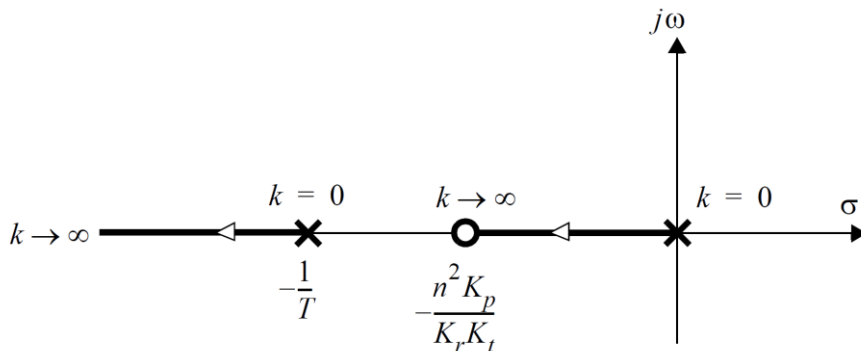
- O diagrama acima pode ser simplificado, resultando no diagrama abaixo:



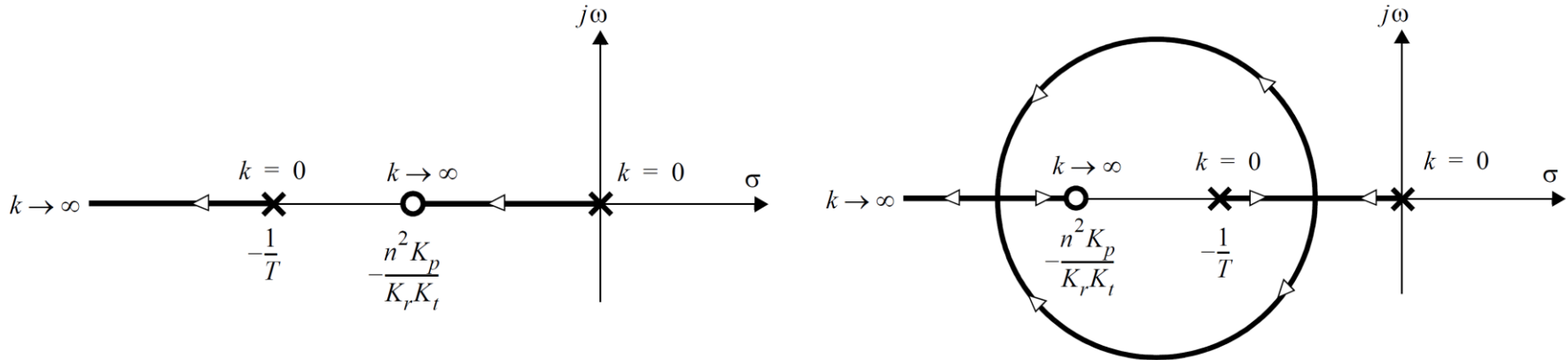
# Análise do sistema em malha fechada



- Para  $K_r \neq 0$ , pode-se mostrar que há a introdução de um zero real em  $s = -\frac{n^2 K_p}{K_r K_t}$  na função de transferência de malha aberta (lembrando que a função de transferência de malha aberta para um sistema como este é dada pelo produto da função de transferência direta pela função de transferência da malha de realimentação).
- Deste modo, dependendo de onde o zero se situar no eixo real, se entre os polos ou à esquerda deles, resultam os seguintes lugares de raízes:



# Análise do sistema em malha fechada



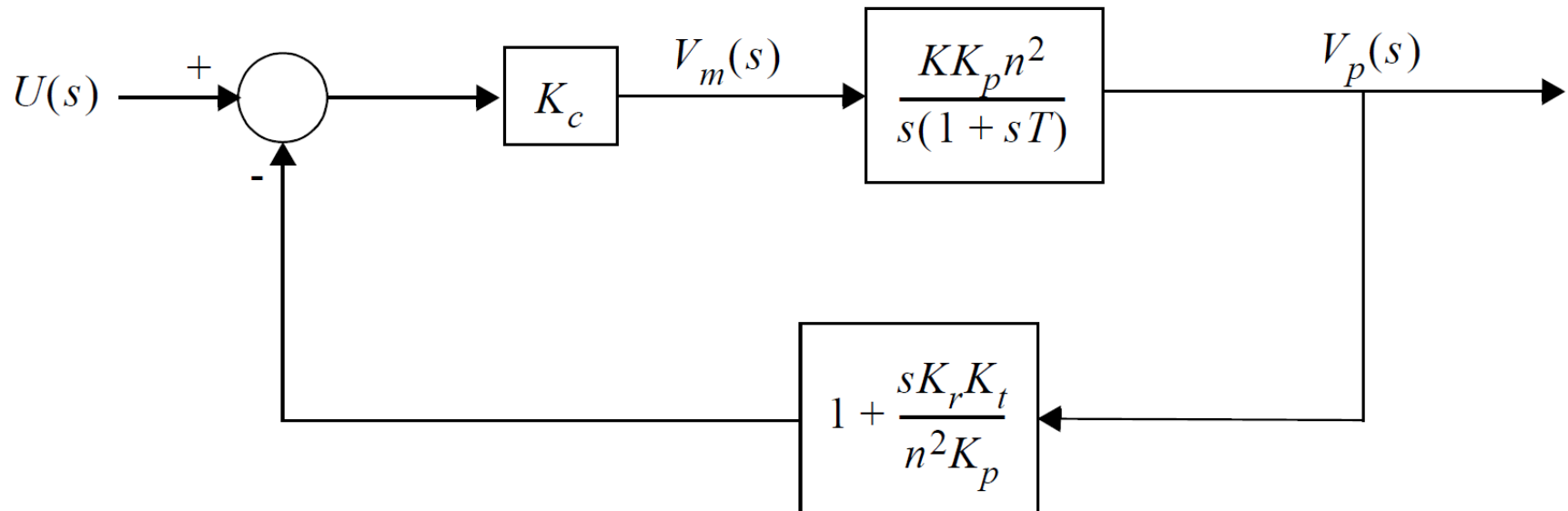
- Em qualquer um dos casos existe um valor de ganho acima do qual ambos os polos de malha fechada serão reais e negativos.
- E mesmo no segundo caso, o coeficiente de amortecimento do sistema se apresenta limitado inferiormente, não havendo o risco de se produzir um coeficiente de amortecimento cada vez menor (sobressinal cada vez maior) à medida que se aumenta o ganho de malha.



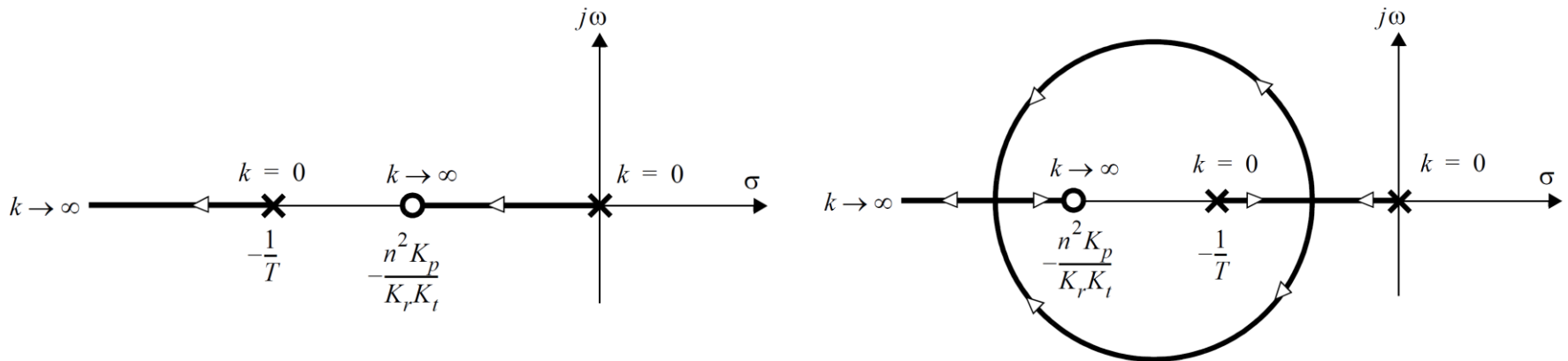
# Atividades prévias

- Dedução da função de transferência

$$T_{mf_{p/u}}(s) = \frac{V_p(s)}{U(s)}$$

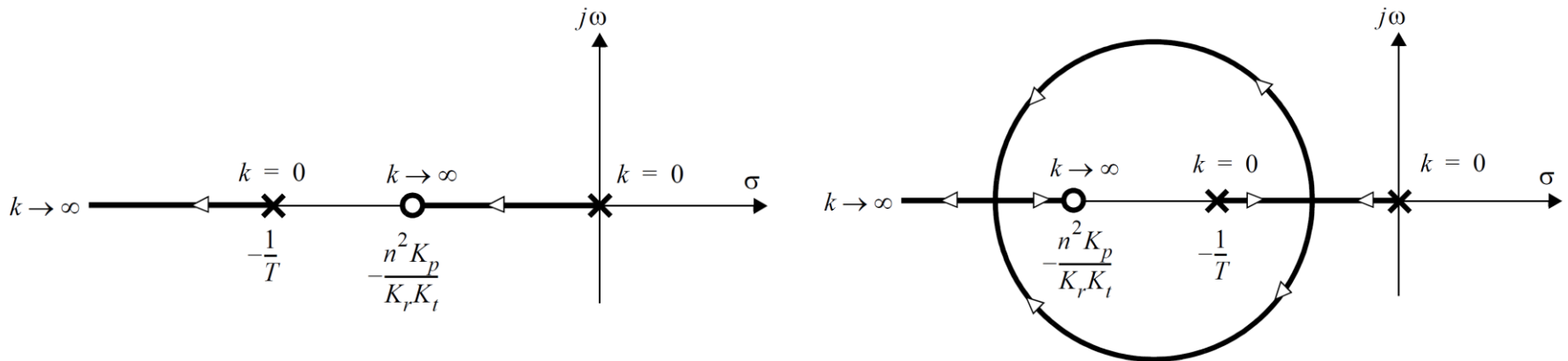


# Atividades prévias



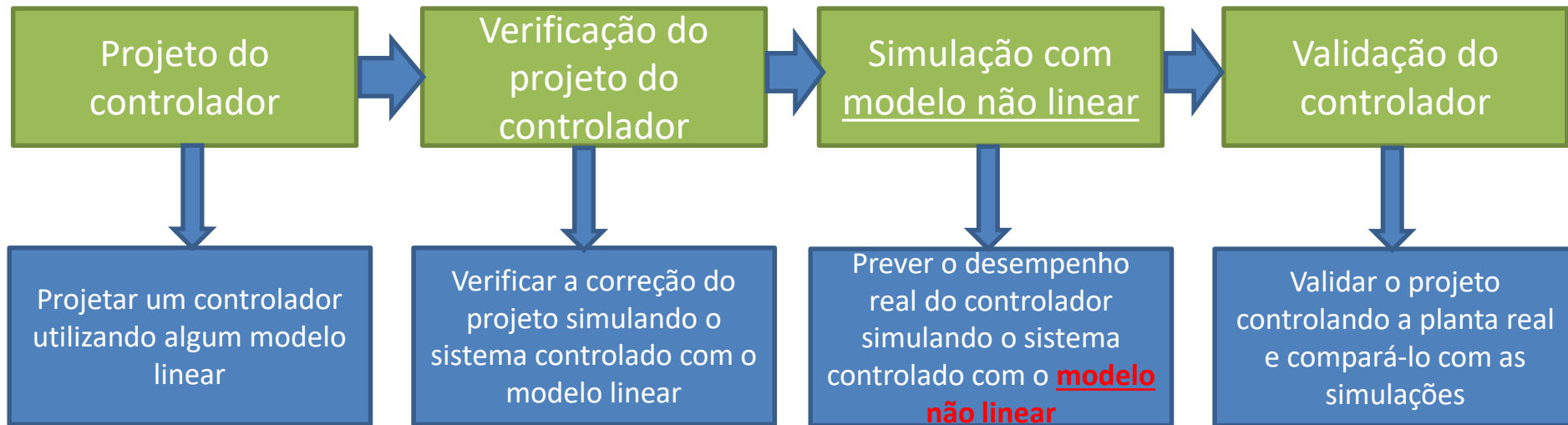
- Calcule, a partir dos valores conhecidos de  $K$ ,  $T$ ,  $K_t$  e  $K_p$ , os intervalos de valores de  $K_r$  em que ocorrem as situações descritas nos LGRs acima. Considere que o ganho  $K_r$  possa variar entre 0 e 10.

# Atividades prévias



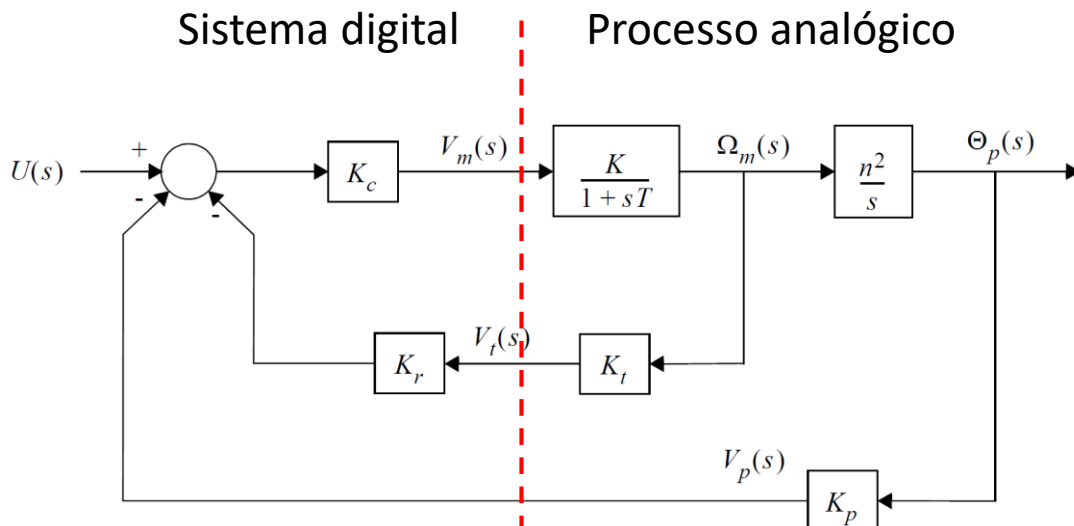
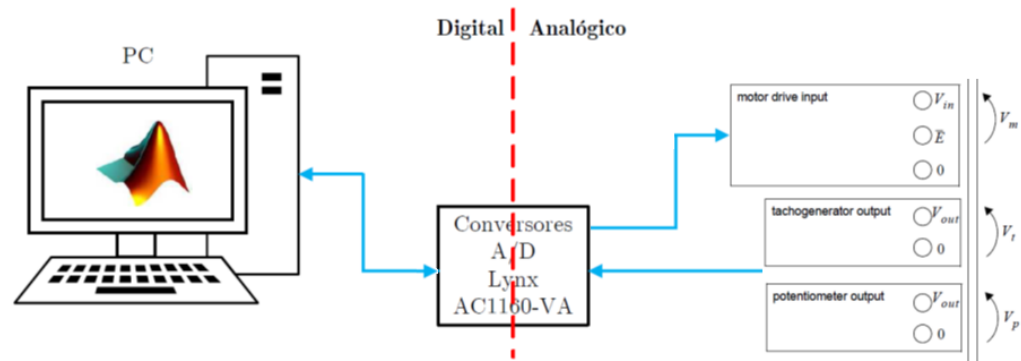
- Descreva qualitativamente, no que se refere a oscilações, como evolui a forma de resposta a degrau do sistema em malha fechada à medida que o ganho  $K_c$  varia de 0 a  $\infty$ . Considere as duas situações dos LGRs acima.

# O modelo não linear no contexto desse laboratório

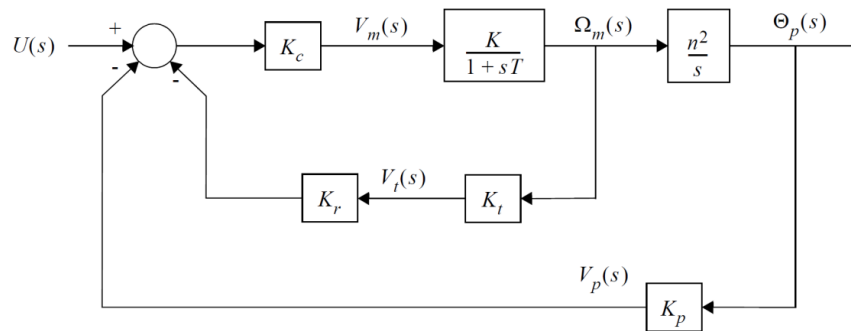


# Atividades em sala

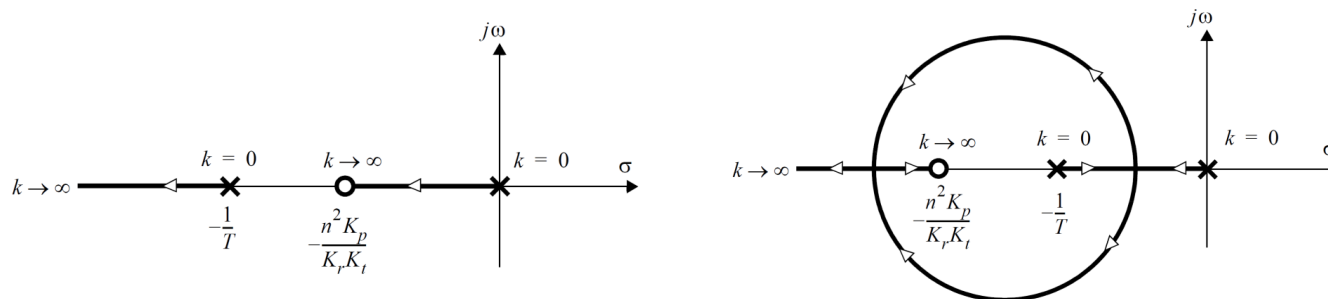
- Monte o controlador de posição com realimentação auxiliar de velocidade para o servomecanismo, utilizando-se do computador para fechar a malha.



# Atividades em sala



- Obtenha as respostas a degrau do sistema em malha fechada para diversas combinações de valores de  $K_r$  e  $K_c$  variando entre 0 e 10. Utilize pelo menos 3 valores de  $K_r$ :
  - $K_r = 0$
  - e outros dois valores, um para cada situação dos LGRs



- Para cada um desses valores, varie o ganho  $K_c$  de modo a percorrer o lugar das raízes. Use preferencialmente os mesmos valores de  $K_c$  da experiência anterior.
  - Compare as respostas a degrau obtidas com as simulações dos modelos linear e não-linear do sistema.
- IMPORTANTE:** Certifique-se de que não ocorra saturação em nenhuma das situações, especialmente para valores altos de  $K_c$ .

# Atividades em sala

- Observação importante:
  - Tenha em mente que esses dados serão utilizados posteriormente na preparação do relatório e que, portanto, devem ser tomados de forma adequada e com o rigor necessário para que sejam analisados corretamente, além de serem armazenados de forma conveniente.