

Informações gerais do curso

PTC 3312 – Laboratório de Controle
2º semestre de 2024
Fábio Fialho

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

Informações gerais do curso

	Sala	Telefone	e-mail
Fábio Fialho	C2-12	3091-5427	fabio.fialho@usp.br

Bibliografia do curso

Apostila do curso:

“Laboratório de Controle”, 2017.

Referências básicas:

Ao final da descrição de cada experiência na apostila do Laboratório de Controle, sempre há uma lista de bibliografias úteis à compreensão da experiência a ser realizada. Não deixem de consultá-las.

Disciplina em aula

- A tolerância máxima para chegada em atraso no laboratório sem que o aluno seja punido com falta é de 10 min.
- Espera-se que os alunos permaneçam em sala durante toda a duração do laboratório. Saídas ocasionais de curta duração serão toleradas, mas a ausência por longos intervalos, não. Medidas disciplinares poderão ser aplicadas.

Avaliação

- A média final M será dada por

$$M = \frac{P + A}{2}$$

em que P é média das avaliações de participação individual das experiências, dada por

$$P = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10})}{10}$$

e A é a média das preparações e resultados anteriores apresentados no início de cada aula, dada por

$$A = \frac{(T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + T_8 + 2S_7 + 2S_8 + 2S_9 + 2S_{10})}{14}$$

Entrega de documentos

Exp.	preparação	resultados anteriores
1	-	-
2	-	T_2 : 1 item: modelo Exp.1
3	-	T_3 : 1 item: modelo revisado na Exp.2
4	-	T_4 : 1 item: modelo Exp. 3
5	-	-
6	-	T_6 : 1 item: respostas ao degrau Exp. 5
7	S_7 : 3 itens	T_7 : 1 item: respostas ao degrau Exp. 6
8	S_8 : 2 itens	T_8 : 1 item: respostas ao degrau Exp. 7
9	S_9 : 5 itens	-
10	S_{10} : 1 item	-
Final do curso	-	-

S: preparação

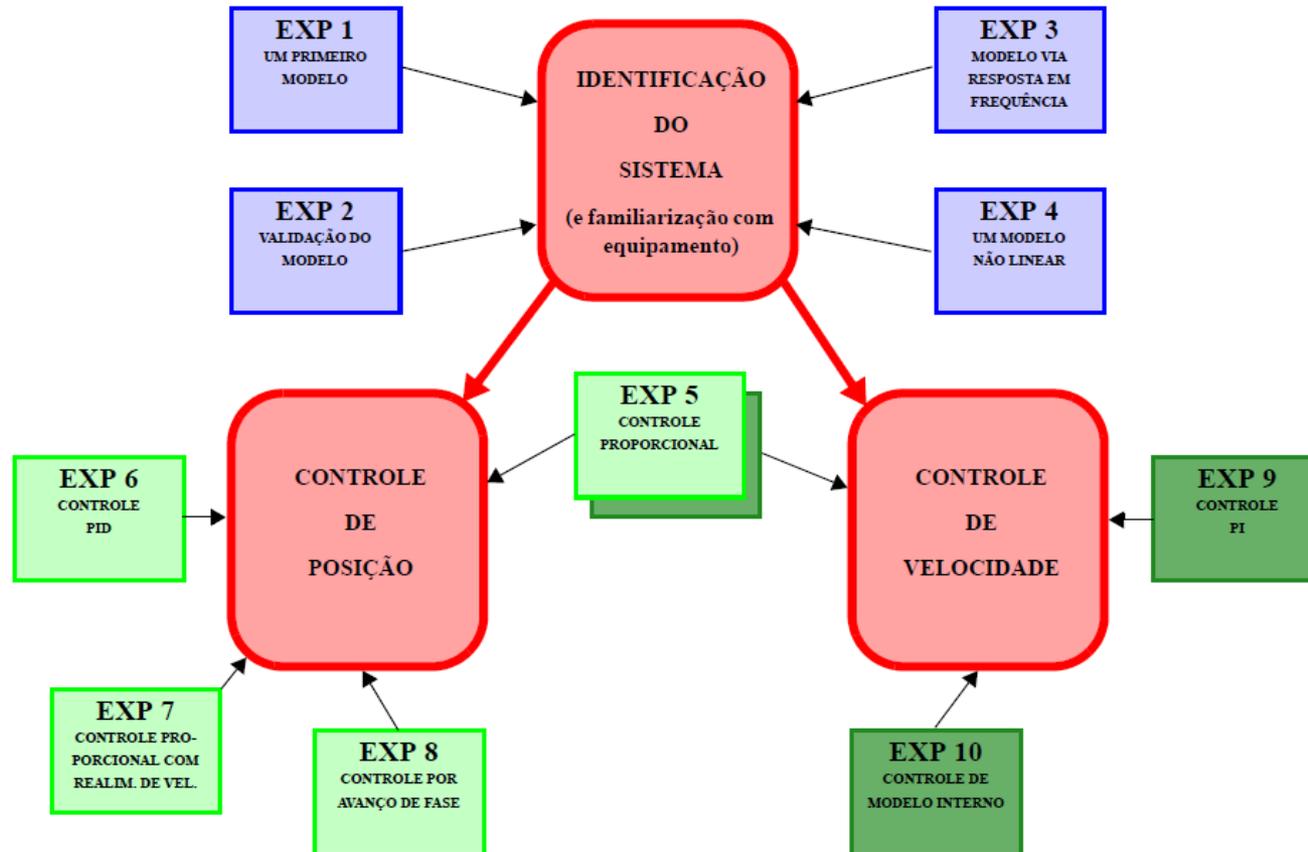
T: apresentação de resultados

Atenção: Equipes que não tenham as entregas prontas ao chegar no laboratório ou que não tenham realizado as atividades de preparação das experiências 7, 8, 9 e 10 serão impedidas de participar do laboratório!

Programa de experiências

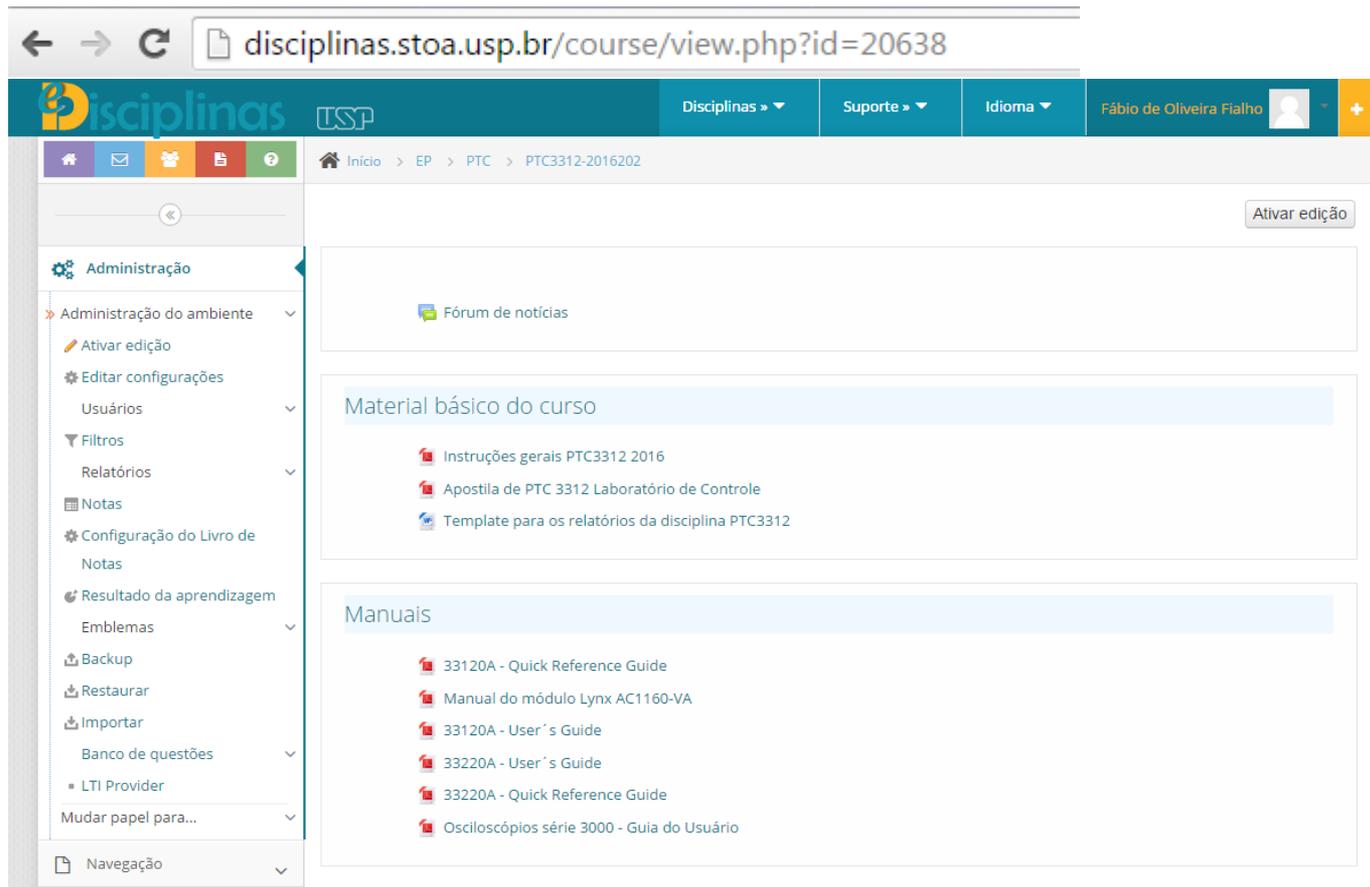
- 10 experiências:
 - Experiência 1: Conhecendo e modelando a planta
 - Experiência 2: Validando o modelo da planta
 - Experiência 3: Usando resposta em frequência para modelar a planta
 - Experiência 4: Um modelo não linear para a planta
 - Experiência 5: Controle proporcional de posição e velocidade
 - Experiência 6: Controle PID
 - Experiência 7: Controle de posição com realimentação auxiliar de velocidade
 - Experiência 8: Controle de posição com compensador por avanço de fase
 - Experiência 9: Controle de velocidade com compensador PI
 - Experiência 10: Atraso de transporte e controlador de modelo interno

Esquema geral do curso de Laboratório de Controle



Informações gerais do curso

- O arquivo [Informações gerais PTC3312](#) está disponível no moodle USP da disciplina.



The screenshot shows the Moodle USP interface for the course PTC3312-2016202. The browser address bar displays the URL: `disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=20638`. The page header includes the Moodle logo, the text "Disciplinas USP", and navigation menus for "Disciplinas", "Suporte", and "Idioma". The user's name, "Fábio de Oliveira Fialho", is visible in the top right corner. The main content area is divided into several sections:

- Administração**: A sidebar menu on the left containing options like "Administração do ambiente", "Ativar edição", "Editar configurações", "Usuários", "Filtros", "Relatórios", "Notas", "Configuração do Livro de Notas", "Resultado da aprendizagem", "Emblemas", "Backup", "Restaurar", "Importar", "Banco de questões", "LTI Provider", and "Mudar papel para...".
- Fórum de notícias**: A section for course news.
- Material básico do curso**: A section containing three documents:
 - Instruções gerais PTC3312 2016
 - Apostila de PTC 3312 Laboratório de Controle
 - Template para os relatórios da disciplina PTC3312
- Manuais**: A section containing six documents:
 - 33120A - Quick Reference Guide
 - Manual do módulo Lynx AC1160-VA
 - 33120A - User's Guide
 - 33220A - User's Guide
 - 33220A - Quick Reference Guide
 - Osciloscópios série 3000 - Guia do Usuário

Informações gerais do curso

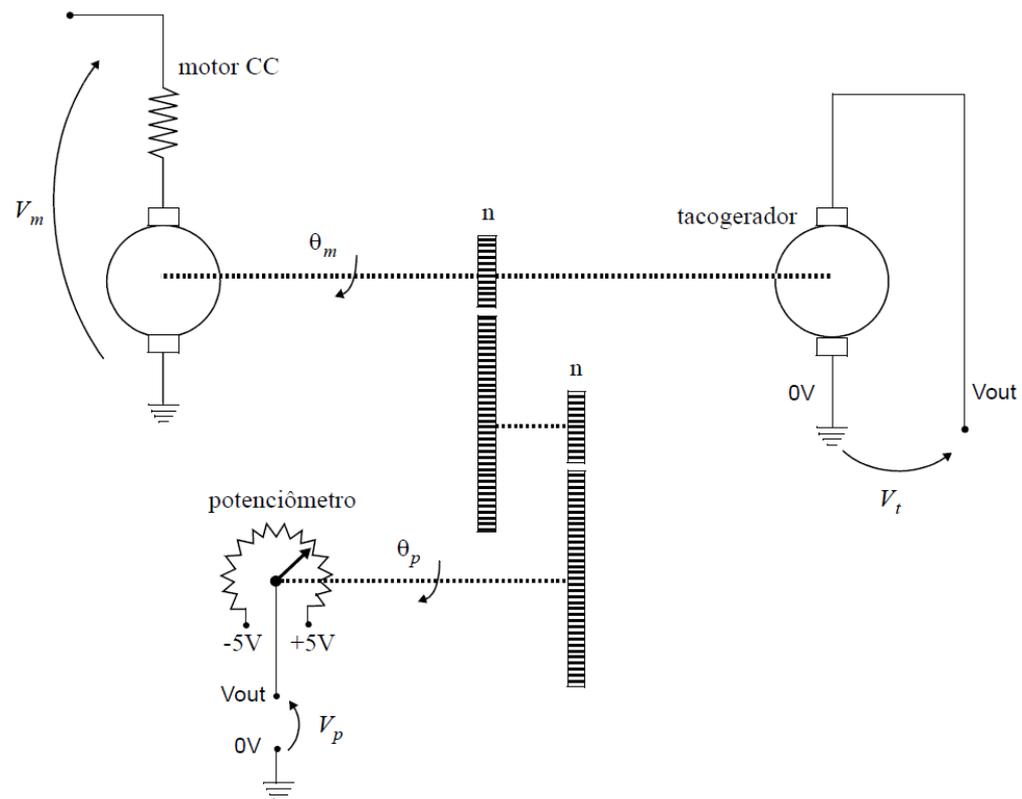
- O moodle USP da disciplina conterá:
 - informações gerais do curso;
 - apostila de experiências;
 - documentos dos equipamentos de bancada;
 - comunicações;
 - e o que mais for útil para o bom andamento do curso.

Metodologia do laboratório

- 1ª parte: Modelagem
 - Compreensão da teoria
 - Levantamento dos parâmetros
 - Validação dos modelos
- 2ª parte: Controle
 - Compreensão da teoria
 - Projeto (e Simulação)
 - Implementação
 - Verificação se requisitos de projeto atendidos

Experiência 1 - Conhecendo e modelando a planta

- Objetivo: obter um modelo matemático para o servomecanismo existente no Laboratório de Controle



Função de transferência

- A função de transferência de um sistema de equação diferenciais lineares é definida como a relação da transformada de Laplace da saída e a transformada de Laplace da entrada.
- Consideremos o sistema definido pela seguinte equação diferencial:

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x$$

em que y é saída do sistema e x é a entrada e $n \geq m$.

- A função de transferência do sistema é obtida tomando-se a transformada de Laplace de ambos os membros da equação, o que resulta:

$$(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0) Y(s) = (b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0) X(s)$$

Função de transferência

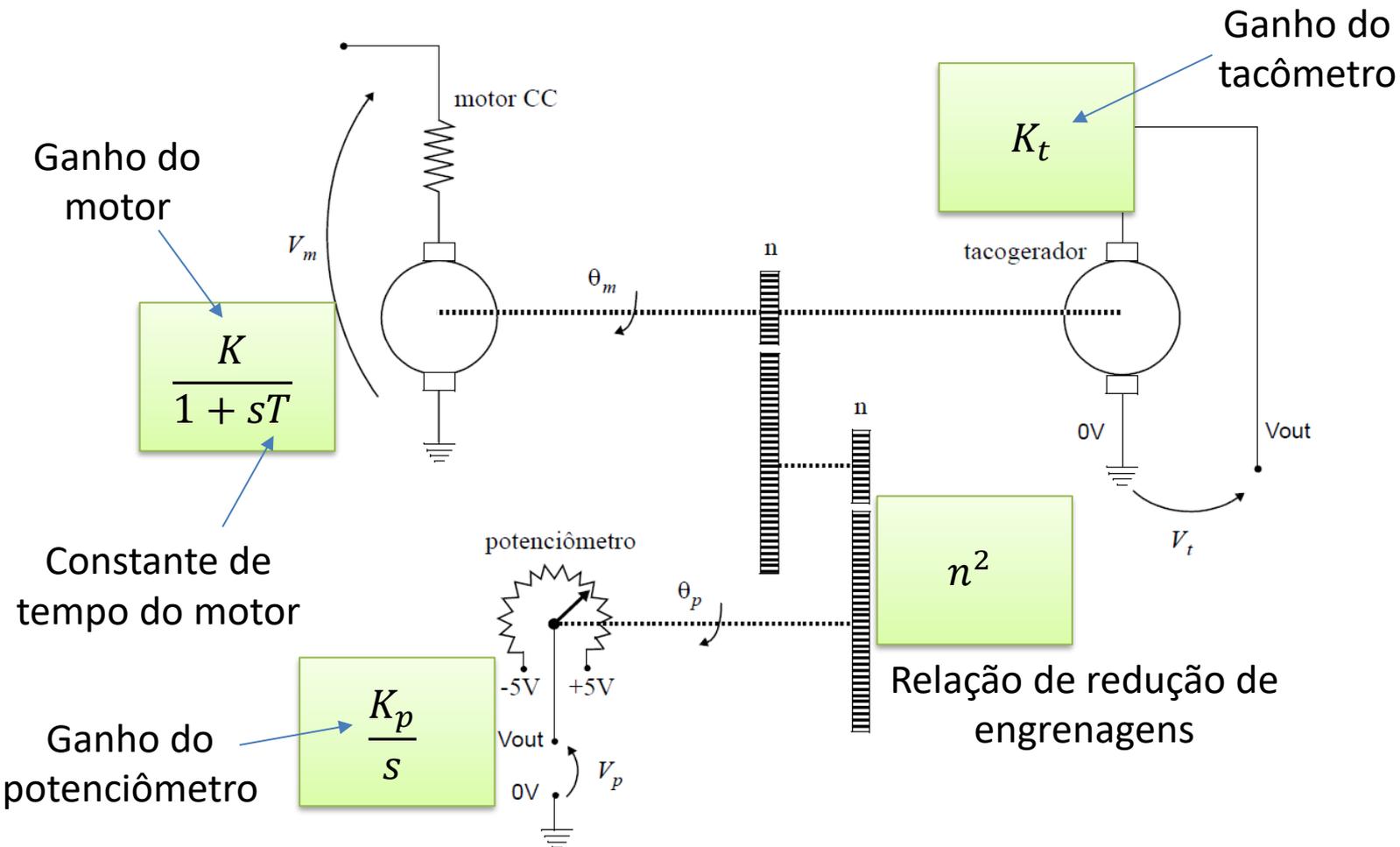
$$(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0)Y(s) = (b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0)X(s)$$

- função de transferência $G(s) = \frac{\mathcal{L}(\text{saída})}{\mathcal{L}(\text{entrada})} \Big|_{c.i.=0}$

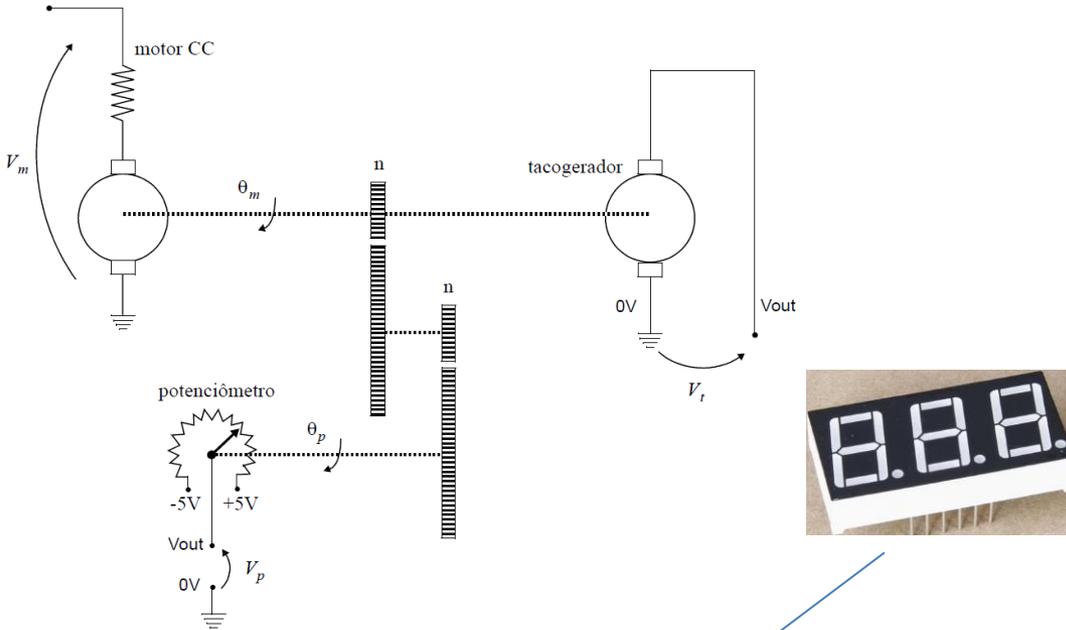
$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0} = \frac{\sum_{i=0}^m b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i}$$

- Usando o conceito de função de transferência, é possível representar a dinâmica do sistema pelas equações algébricas em "s".
- **A aplicabilidade do conceito da função de transferência é limitada aos sistemas de equações diferenciais lineares invariantes no tempo.**

Modelo do servomecanismo



Modelo do servomecanismo

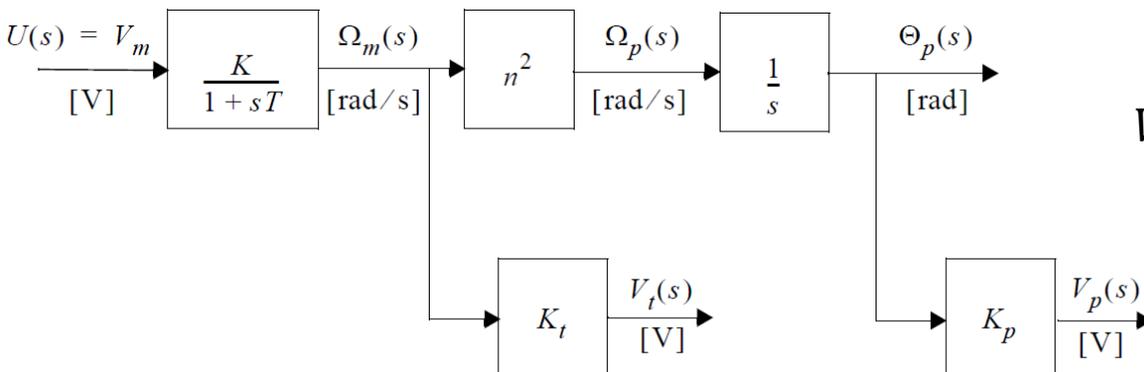


Atenção: Embora K_t seja medido no eixo do motor, o display de velocidade angular [rpm] do servomecanismo se refere ao eixo do potenciômetro, devendo assim ser corrigido do valor de redução de engrenagens!

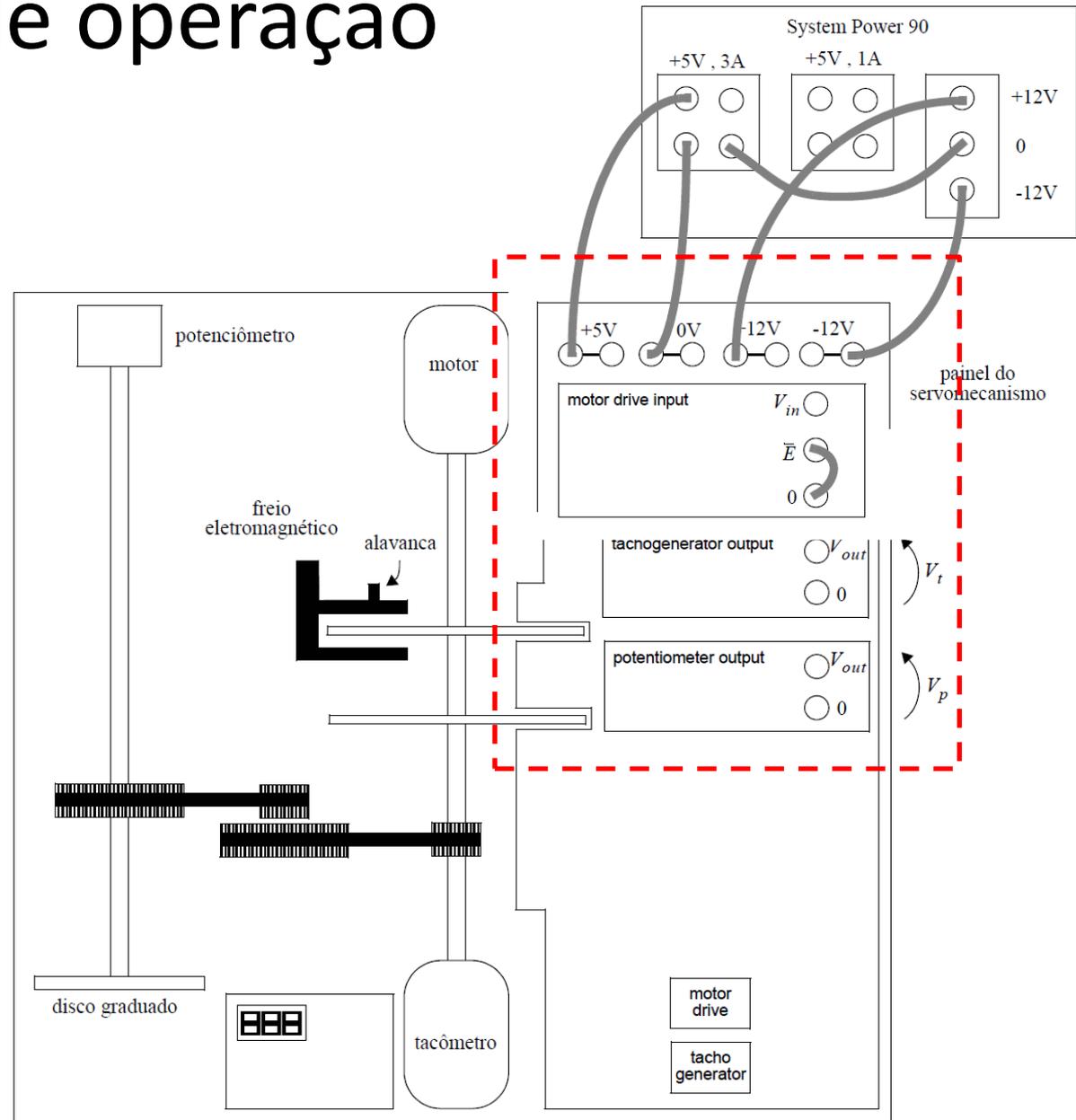
$$\Omega_p(s) = n^2 \Omega_m(s) \Rightarrow \Omega_m(s) = \frac{\Omega_p(s)}{n^2}$$

$$V_t(s) = K_t \Omega_m(s)$$

$$\Rightarrow V_t(s) = K_t \frac{\Omega_p(s)}{n^2}$$



O painel de operação



fonte de alimentação

Placa de aquisição Lynx



(a) vista do painel frontal

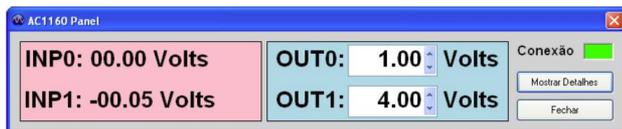
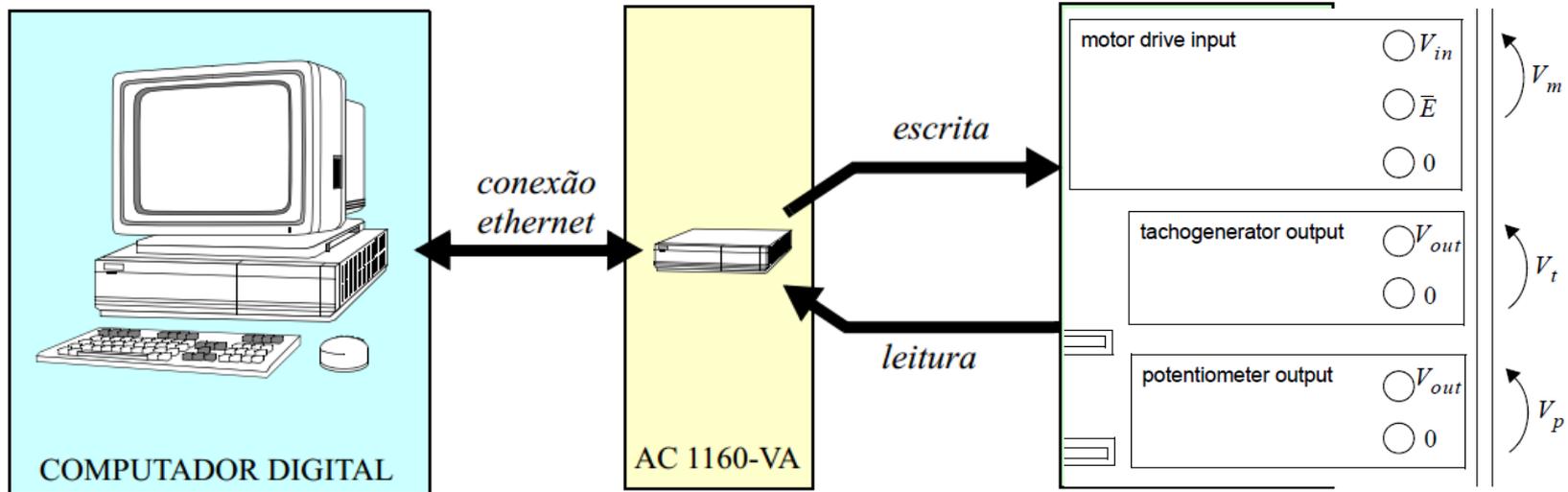


Figura 1.9 O aplicativo AC1160 Panel

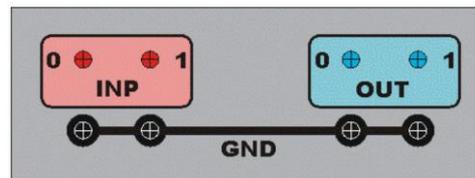
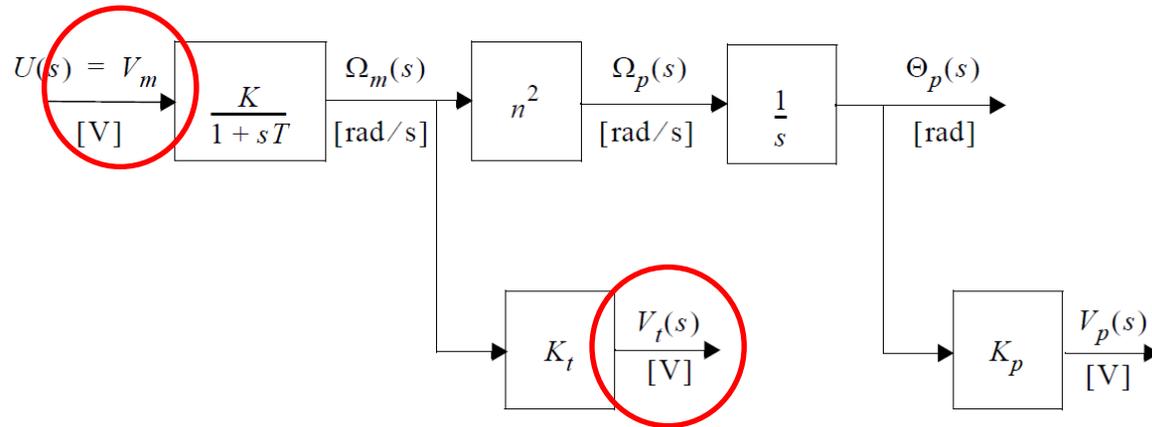
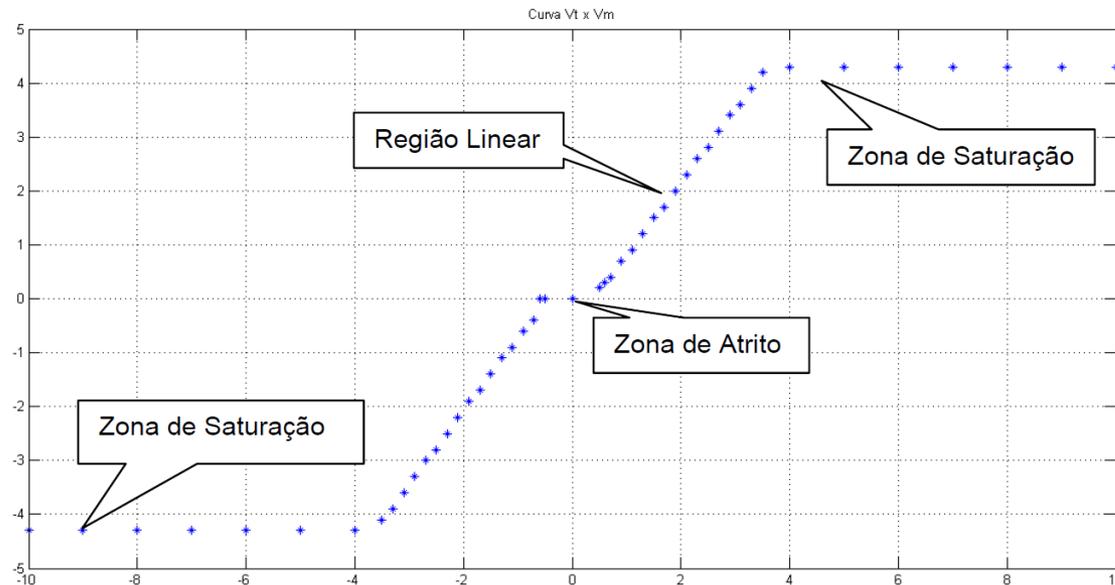


Figura 3: Painel de conexões

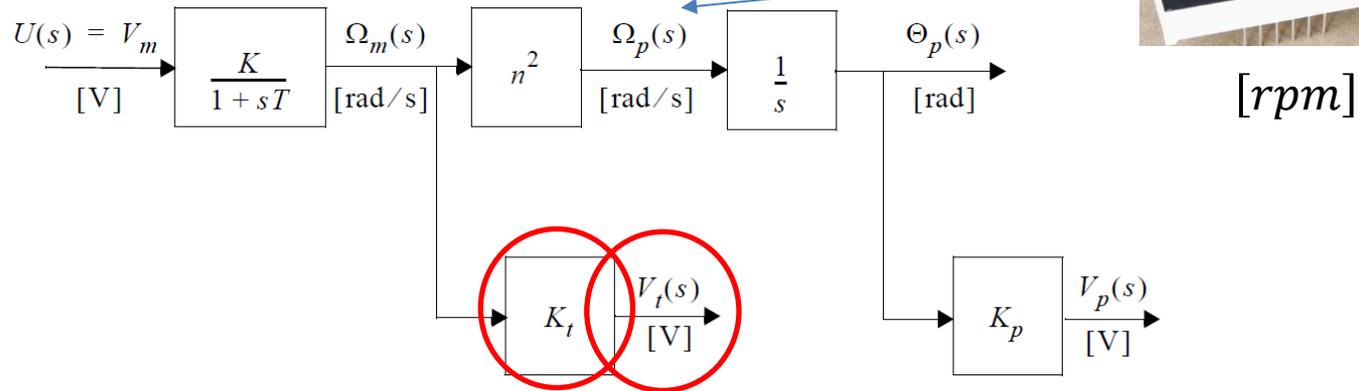
Atividades em sala



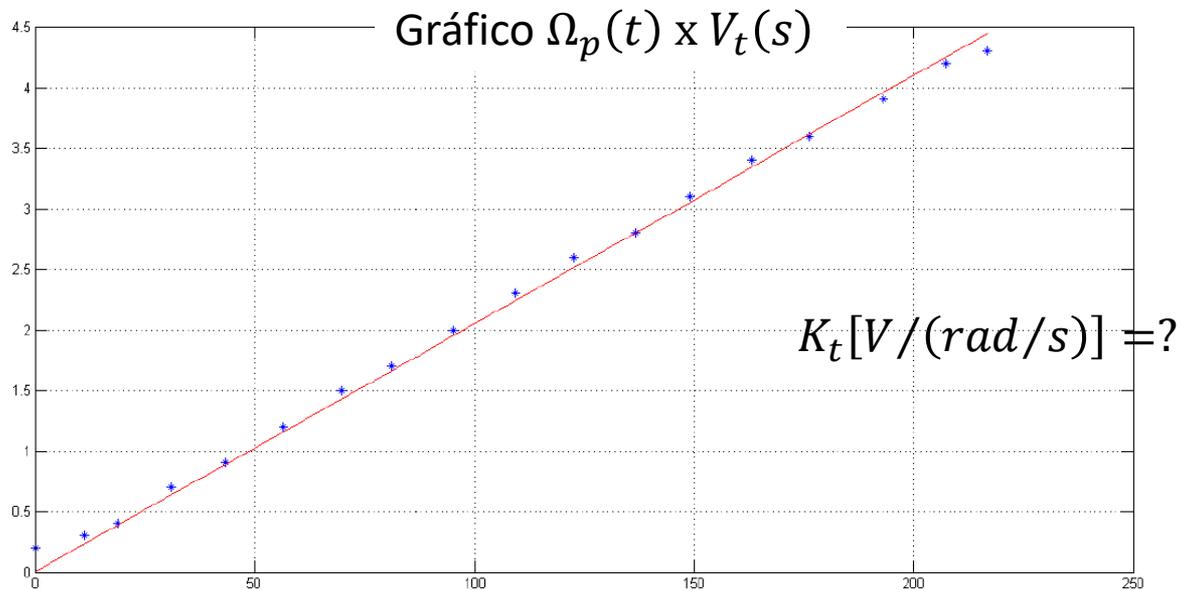
1 - Levante a curva característica V_t (tensão no tacômetro) contra V_m (tensão de armadura). Identifique claramente as zonas de atrito e saturação.



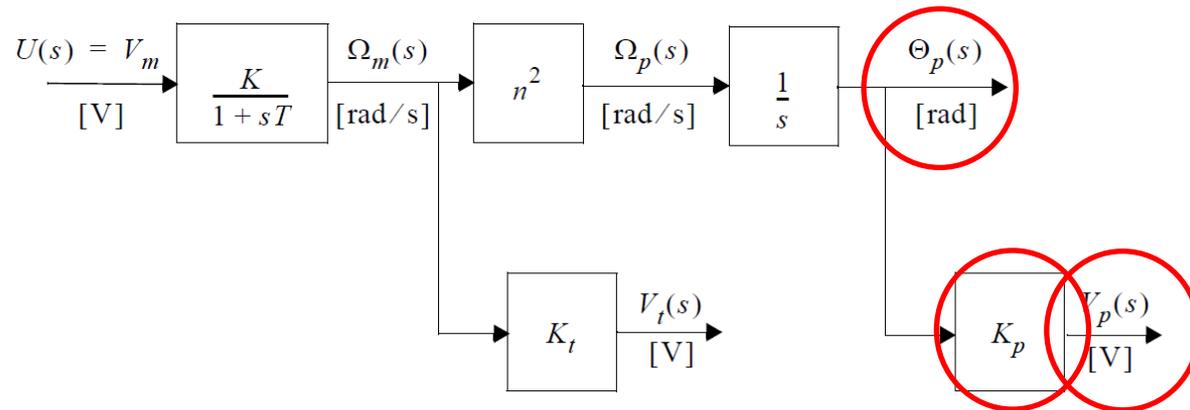
Atividades em sala



2 - Utilizando o mostrador digital do painel do servomecanismo e a medida da tensão do tacômetro, obtenha o valor de K_t (em $V/(rad/s)$).

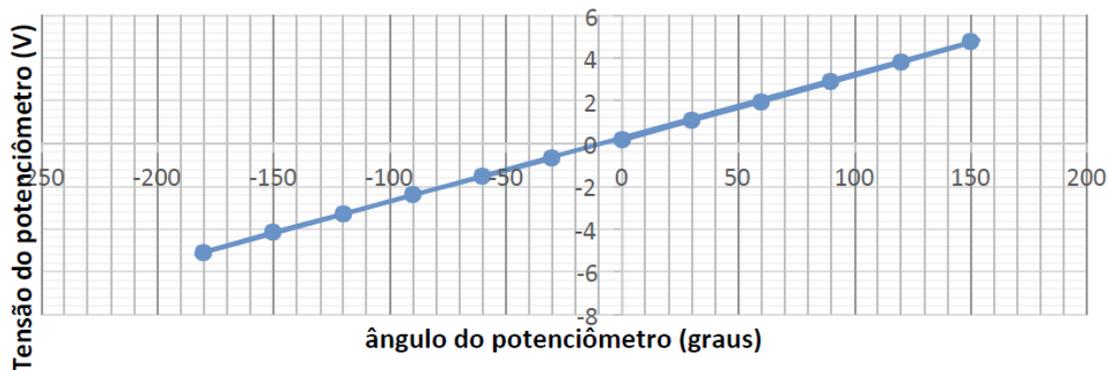


Atividades em sala

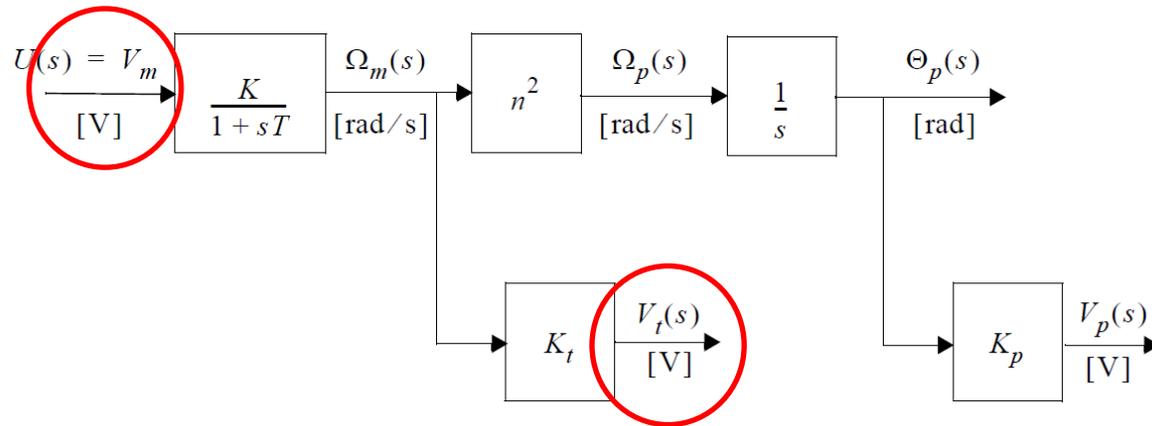


3 - Com o motor desacoplado (isto é, com o terminal V_{in} desconectado ou alimentado com 0 V), gire manualmente o eixo do motor e determine a característica V/rad , isto é, a constante K_p .

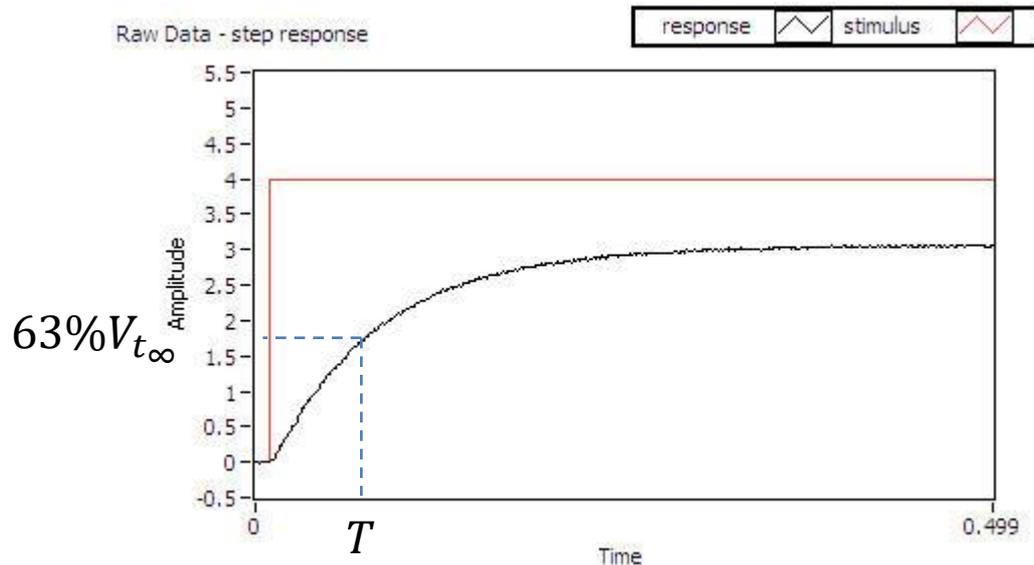
Ângulo do potenciômetro X Tensão no potenciômetro



Atividades em sala



4 - Aplicando um degrau ao sistema, obtenha a função de transferência $G_{t/u}(s) = \frac{V_t(s)}{U(s)}$, isto é, determine os valores de K e T . Utilize o osciloscópio para coletar a curva.



$$G_{t/u}(s) = \frac{V_t(s)}{U(s)} = \frac{K \cdot K_t}{1 + sT}$$

$$K \cdot K_t = \frac{V_{t\infty}}{U_\infty}$$

$$K = \frac{V_{t\infty}}{K_t \cdot U_\infty}$$