

Controlo - Introdução

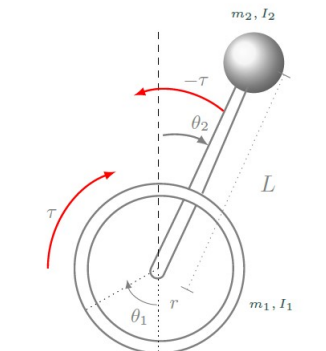
Paulo Lopes dos Santos
Paula Rocha Malonek

Controlo, 2023
DEEC, FEUP

Resumo

- 1 Exemplo Motivador
 - Segway
 - Sistema de controlo do Segway
- 2 Programa
- 3 Bibliografia

Segway



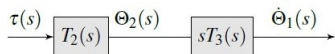
- $\tau(t)$ - Binário aplicado pelo motor
- $\theta_1(t)$ - Deslocamento angular das rodas
- $\theta_2(t)$ - Ângulo de rotação do pêndulo
- m_1 - Massa das rodas
- m_2 - Massa do pêndulo
- r - Raio das rodas
- I_1 - Momento rotacional de inércia das rodas
- I_2 - Momento rotacional de inércia do pêndulo
- L - Comprimento da vara

$$\tau(t) = [(m_1 + m_2)r^2 + I_1]\ddot{\theta}_1(t) + m_2rL\ddot{\theta}_2(t)$$

$$-\tau(t) = m_2rL\ddot{\theta}_1(t) + (m_2L^2 + I_2)\ddot{\theta}_2(t) - m_2gL\theta_2(t)$$

Sistema de controlo do Segway

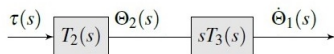
Sistema em malha aberta



- $\tau(s)$ - Transformada de Laplace de $\tau(t)$
- $\dot{\Theta}_1(s)$ - Transformada de Laplace de $\dot{\theta}_1(t)$
(velocidade de rotação das rodas)
- $\Theta_2(s)$ - Transformada de Laplace de $\theta_2(t)$
- $T_2(s)$ - Função de transferência $\Theta_2(s)/\tau(s)$
- $T_3(s)$ - Função de transferência $\dot{\Theta}_1(s)/\theta_2(s)$

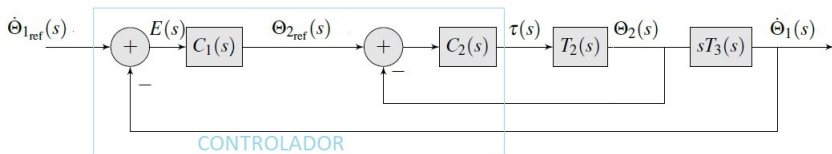
Sistema de controle do Segway

Sistema em malha aberta



- $\tau(s)$ - Transformada de Laplace de $\tau(t)$
- $\dot{\Theta}_1(s)$ - Transformada de Laplace de $\dot{\theta}_1(t)$
(velocidade de rotação das rodas)
- $\Theta_2(s)$ - Transformada de Laplace de $\theta_2(t)$
- $T_2(s)$ - Função de transferência $\Theta_2(s)/\tau(s)$
- $T_3(s)$ - Função de transferência $\dot{\Theta}_1(s)/\theta_2(s)$

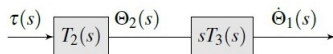
Sistema em malha fechada



$C_1(s)$ e $C_2(s)$ - Funções de transferência dos controladores (leis de controle)

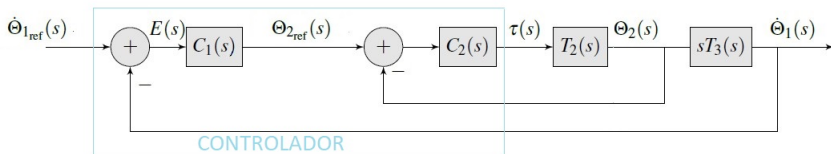
Sistema de controle do Segway

Sistema em malha aberta



- $\tau(s)$ - Transformada de Laplace de $\tau(t)$
- $\dot{\Theta}_1(s)$ - Transformada de Laplace de $\dot{\theta}_1(t)$
(velocidade de rotação das rodas)
- $\Theta_2(s)$ - Transformada de Laplace de $\theta_2(t)$
- $T_2(s)$ - Função de transferência $\Theta_2(s)/\tau(s)$
- $T_3(s)$ - Função de transferência $\dot{\Theta}_1(s)/\theta_2(s)$

Sistema em malha fechada



$C_1(s)$ e $C_2(s)$ - Funções de transferência dos controladores (leis de controle)

Teoria do Controle - Fornece ferramentas para projetar $C_1(s)$ e $C_2(s)$

Programa I

1 **Modelação e resposta temporal de sistema em malha aberta.**

Determinação de modelos elementares de sistemas mecânicos, eléctricos e hidráulicos. Análise, no domínio dos tempos, da resposta de sistemas de 1ª e 2ª ordem, ao impulso unitário, degrau unitário e rampa unitária, com recurso à transformada de Laplace. Idem para sistemas de ordem superior a 2. Estabilidade. Critério de Estabilidade de Routh-Hurwitz.

2 **Análise no Domínio das Frequências.**

Traçado logarítmico - Diagrama de Bode. Diagramas de Bode de funções de transferência elementares. Diagramas de Bode de uma função de transferência geral. Influência dos Zeros na Resposta em Frequência.

Programa II

3 **Análise de Sistemas Realimentados**

Noção de Sistema Realimentado. Diagrama de blocos de um Sistema Realimentado. Manipulação de diagramas de blocos.

4 **Análise de desempenho, em regime permanente, de Sistemas Realimentados.**

Erros de posição, de velocidade e de aceleração.

5 **Análise e Síntese, com recurso ao método dos Lugares Geométricos das Raízes.**

Método do Lugar das Raízes. Equação característica e trajectórias das raízes. Condições de amplitudes e de ângulos. Regras para o desenho do Lugar das Raízes.

Programa III

- 6 **Análise de Desempenho no Domínio das Frequências.**
Traçados Polares ou de Nyquist. Critério de Estabilidade de Nyquist. Estabilidade Relativa: noções de Margem de Ganho e de Margem de Fase.
- 7 **Compensação Avanço e Atraso, nos Domínios do Tempo e das Frequências. Controladores PID.**

Bibliografia

- T-P Azevedo Perdicoulis e P.J. Lopes dos Santos; *Introdução aos Sistemas de Controlo*. Série Didática, Ciências e Tecnologia:3, Vila Real: UTAD, 2020, ISBN:978.898-704-404-5.
- J. L. Martins de Carvalho; *Sistemas de controle automático*. ISBN: 85-216-1210-9
- J. L. Martins de Carvalho; *Dynamical systems and automatic control*. ISBN: 0-13-221755-4
- Ogata, Katsuhiko; *Discrete-time control systems*. ISBN: 0-13-216227-X
- Ogata, Katsuhiko; *Modern Control Engineering*. ISBN: 0-13-598731-8