



PROJETO DE MECANISMO AUTÔNOMO DE DUAS RODAS - "MINI SEGWAY"



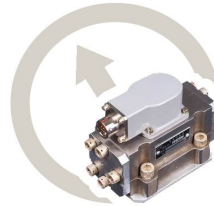
Wilson Siou Kan Chow - wilsonchow@usp.br
Flavio Celso Trigo
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)
Departamento de Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO

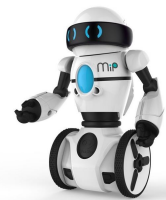
Na atualidade muitos sistemas, equipamentos são controlados por meio de **técnicas de controle**, sem que o usuário final tenha conhecimento da sua existência no cotidiano.

Desde grandes tanques de armazenamento, aviões, drones, máquinas de ar-condicionado, carros até celulares, a presença do controle quase não é notada, embora seja responsável por grande parte do trabalho.

O desenvolvimento inicial do controle se dá por volta dos anos de 1900 até 1940, onde os primeiros sensores pneumáticos foram criados.



O FUNCIONAMENTO DO SEGWAY



O Segway é um mecanismo que se equilibra em duas rodas, sem precisar de um terceiro apoio.

Este tema está em crescimento no mercado de tecnologia, pois pode reduzir drasticamente o tempo gasto em deslocamento de produtos e o espaço dedicado para transporte, sendo um claro exemplo da implementação do controle.



DIAGRAMAS DE CORPO LIVRE

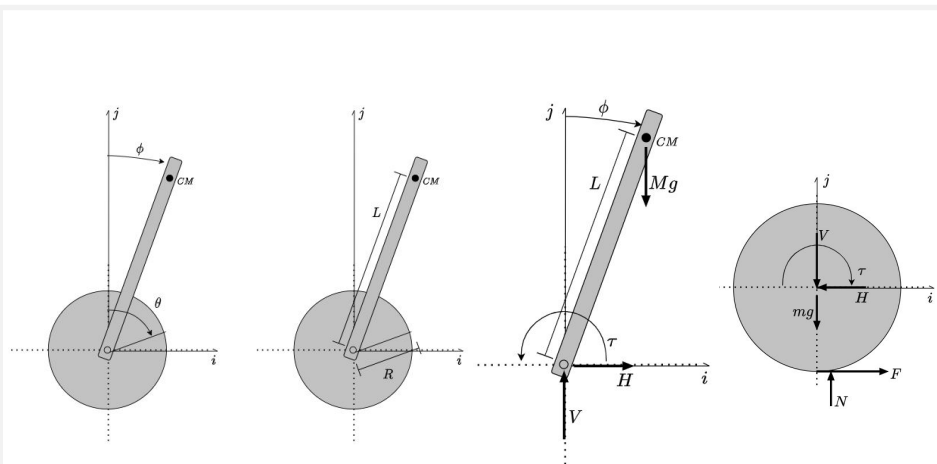


Figura 4. Representação dos ângulos e esforços empregados na modelagem

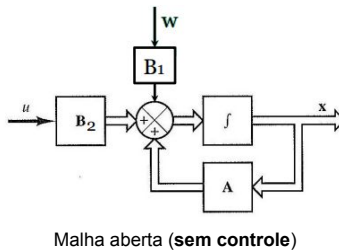
MÉTODO DE LAGRANGE E LINEARIZAÇÃO

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}} = u$$

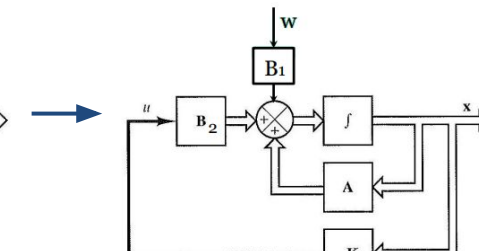
$$\begin{bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{\phi} \\ \ddot{\phi} \\ \ddot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0.0702 & -0.2815 & 0.0077 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.3551 & 65.4657 & -0.3405 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ \phi \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 3.0883 \\ 0 \\ -217.6796 \end{bmatrix} u$$

CONTROLE

A essência do controle se trata em utilizar um sinal de **feedback** para se **calcular** a ação **u**, que terá o propósito de levar a planta à situação desejada.



Malha aberta (sem controle)



Malha fechada (com controle)

⊗ Critério de Estabilidade

A planta do sistema não é estável, e por isso precisa ser controlado.

☑ Critério de Observabilidade

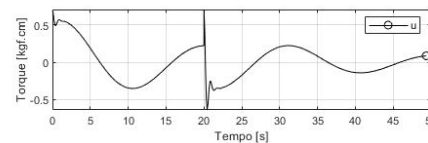
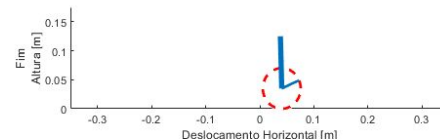
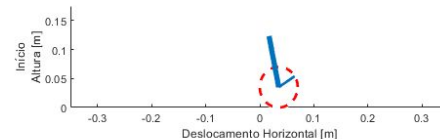
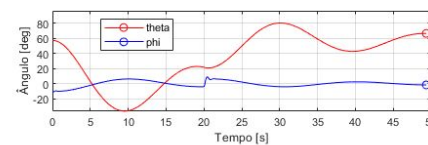
Qualquer estado inicial pode ser determinado pelas medidas e pelas entradas.

☑ Critério de Controlabilidade

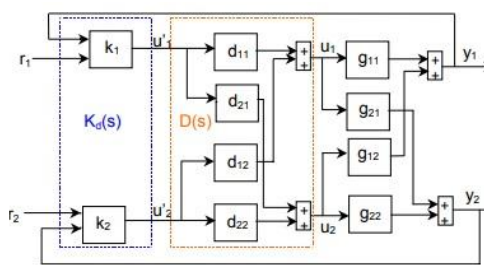
Existe entrada **u** que pode levar o sistema de volta para a origem.

**Sistema
Totalmente
Controlável**

SIMULAÇÕES DO CONTROLE POR PID

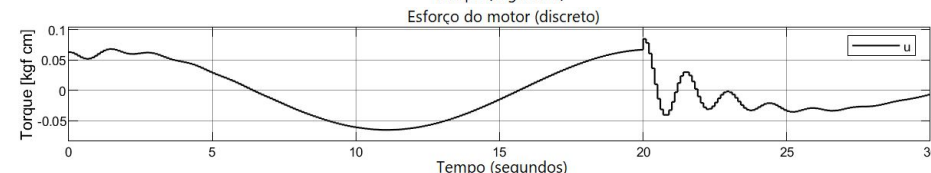
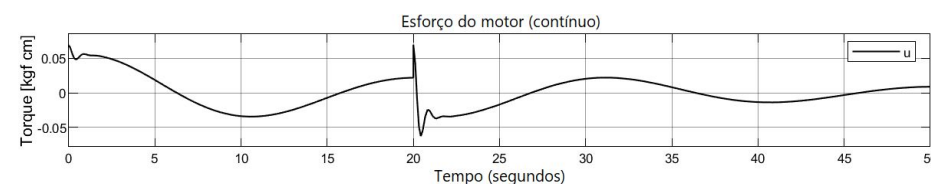


Embora o PID seja originalmente utilizado para referências únicas, é possível realizar uma dissociação do sinal, fazendo com que o mesmo possa levar em conta duas referências, que nesse caso são o **equilíbrio do Segway**, e o **deslocamento horizontal**, cuja origem é 0.



Esquema da dissociação PID

SINAIS CONTÍNUOS / DISCRETOS



Sinal contínuo (suave) e sinal discreto (com degraus)

PROTOTIPAGEM

Para se criar o robô, foi utilizada a tecnologia Arduino para criar uma rotina ativa de controle do equilíbrio.

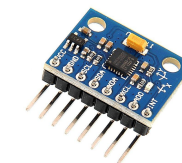
COMPONENTE	QUANTIDADE	PREÇO
Arduino UNO R3	1	75,00
Driver L298N	1	32,90
Giroscópio MPU - 6050	1	32,90
Motores genéricos (208 RPM)	2	43,60
Baterias	2	160,00
TOTAL		344,40



Arduino UNO R3

TRATAMENTO DE SINAIS

Ajustes na parte dos sensores de movimento do componente MPU-6050 foram feitos, incluindo filtros para eliminar ruídos nas medições. A linha vermelha representa o sinal bruto e a linha azul representa o sinal filtrado.



MPU-6050

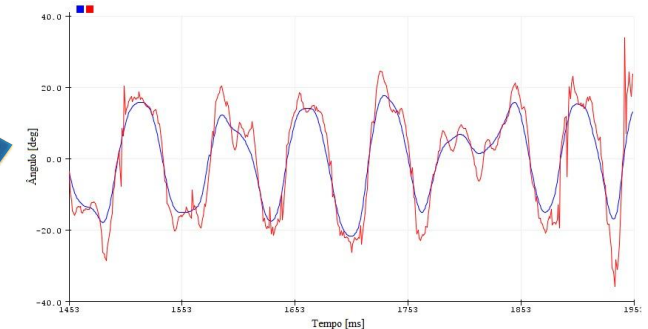
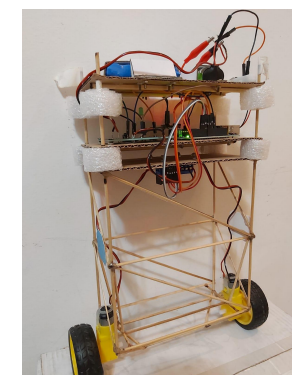


Figura 11. Sinais filtrados e não filtrados

CONCLUSÕES



→ Equilíbrio

- Algoritmo para determinar centro de massa;
- Aproximação da distância percorrida;
- Calibragem das rodas

→ Fatores determinantes

- Giroscópio na região mais alta;
- Inércia no nível das rodas;
- Posição do centro de massa;
- Carga das baterias;
- Fixação dos componentes.

TRABALHOS FUTUROS

→ Motores de passo

Eliminar aproximação de distância percorrida.

→ Melhoria de Microprocessador

Velocidade de processamento permite maior controle sobre a planta.

→ Baterias

Desejável maior duração da carga.