Sistema de Controle III

Projeto Final

Robô Equilibrista

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discentes:

1 - Gabriel Ribeiro Bastos de Sousa Rebouças | RGA: 201821902004

2 - Jonathan Victor Da Silva Santos | RGA: 201911902014

3 - João Gabriel da Silva Ferreira | RGA: 201821902009

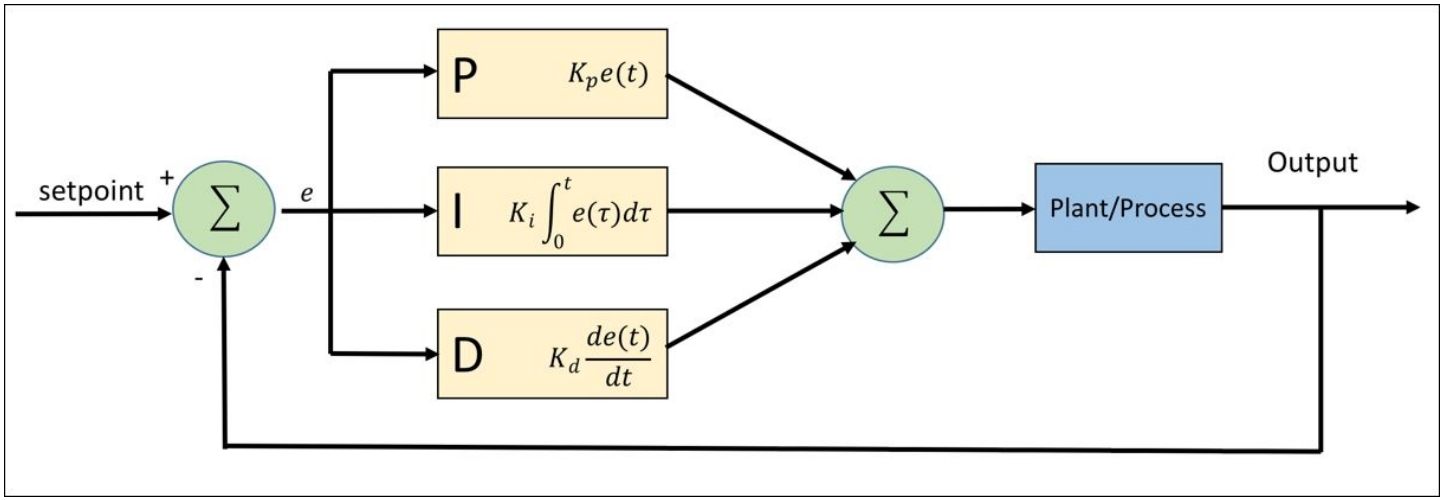
Índice

1. Introdução

- **1. Papel Vital do Sistema PID na Engenharia de Controle:** Destacamos como o sistema PID é um elemento essencial no controle de sistemas dinâmicos.
- **2. Desafio Intrincado da Autoequilibração do Robô Segway:** Abordamos a complexidade de manter o equilíbrio constante em um robô segway, especialmente durante seu deslocamento autônomo.
- **3. Controle Dinâmico para Precisão e Eficiência:** Exploramos como o sistema PID desempenha um papel fundamental na busca pela precisão e eficiência do controle, adaptando continuamente as ações com base no feedback sensorial.
- **4. Demonstração da Tecnologia de Controle em Ação:** Ilustramos como a aplicação do sistema PID em um robô segway é um exemplo notável de como a tecnologia de controle permite que máquinas executem tarefas complexas, como locomoção autônoma e equilíbrio dinâmico.

1. Introdução

- ➔ Um controlador PID é um instrumento usado em aplicações de controle industrial e
- ➔ Usam um mecanismo de feedback de loop de controle para controlar as variáveis do processo e são os controladores mais precisos e estáveis.



1. Introdução

- **Controle Proporcional:** Aqui o **sinal de atuação** para a ação de controle em um sistema de controle é **proporcional ao sinal de erro**. O sinal de erro é a diferença entre o sinal de entrada de referência e o sinal de feedback obtido da entrada.

- **Controle Derivativo:** O **sinal de atuação** consiste em **sinal de erro proporcional somado com derivativo do sinal de erro.** Portanto, o sinal de atuação para a ação de controle derivativo é dado por:

$$e_a(t) = e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt}$$ onde Td é uma constante.

- **Controle Integral:** Para ação de controle integral o sinal de atuação **consiste em sinal de erro proporcional somado com integral do sinal de erro.** Portanto, o sinal de atuação para a ação de controle integral é dado por:

$$e_a(t) = e(t) + K_i \int e(t)dt$$ onde K é uma constante.

1. Introdução

Resposta de controle	Tempo de Subida	Tempo de Acomodação	Overshoot	Erro de Estado Estacionário
Kp	Diminui	Pequena Mudança	Aumenta	Diminui
Kd	—--------	Diminui	Diminui	Não altera
Ki	Diminui	Aumenta	Aumenta	Eliminado

2. Objetivos

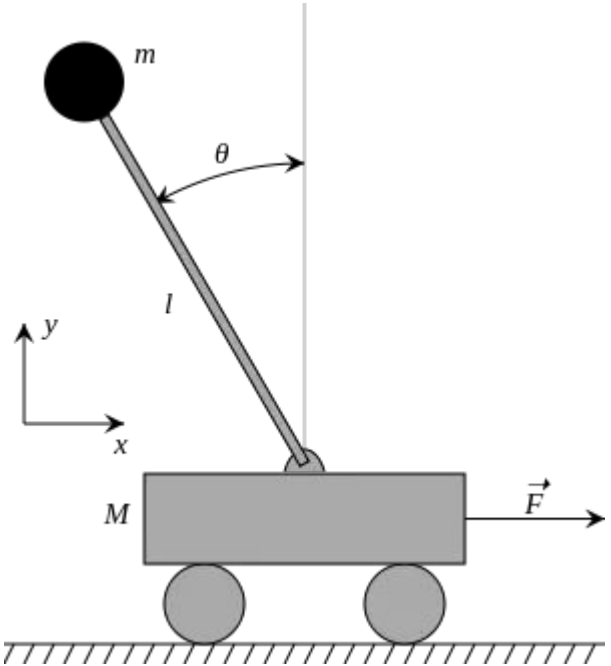
- **1. Estabilidade do Equilíbrio:** O principal objetivo de um sistema PID em um robô segway é manter a estabilidade do equilíbrio do robô, garantindo que ele permaneça na posição vertical, evitando quedas e oscilações excessivas.

- **2. Resposta Rápida a Distúrbios:** O sistema PID visa garantir que o robô possa responder rapidamente a distúrbios, como mudanças na inclinação do terreno ou perturbações externas, restaurando o equilíbrio de forma eficaz.

- **3. Suavidade de Movimento:** Um dos objetivos é garantir que o robô se mova suavemente e com transições fluidas entre aceleração, desaceleração e mudanças de direção, proporcionando uma experiência de passeio segura e confortável.

- **4. Consumo de Energia Eficiente:** Um sistema PID busca otimizar o consumo de energia do robô segway, ajustando o esforço necessário para manter o equilíbrio, o que é vital para a autonomia da bateria e a eficiência operacional do dispositivo.

3. Construção do Segway

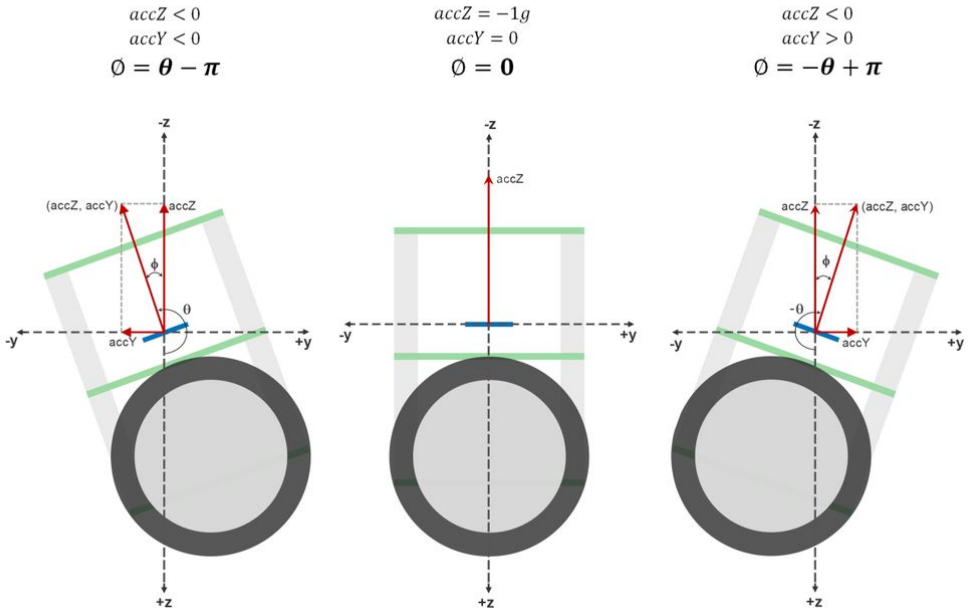


Semelhante a um pêndulo invertido, mas ao contrário de um pêndulo normal que continua balançando depois de movido, este pêndulo invertido não pode permanecer equilibrado por si só.

3. Construção do Segway

O que estamos tentando fazer aqui?

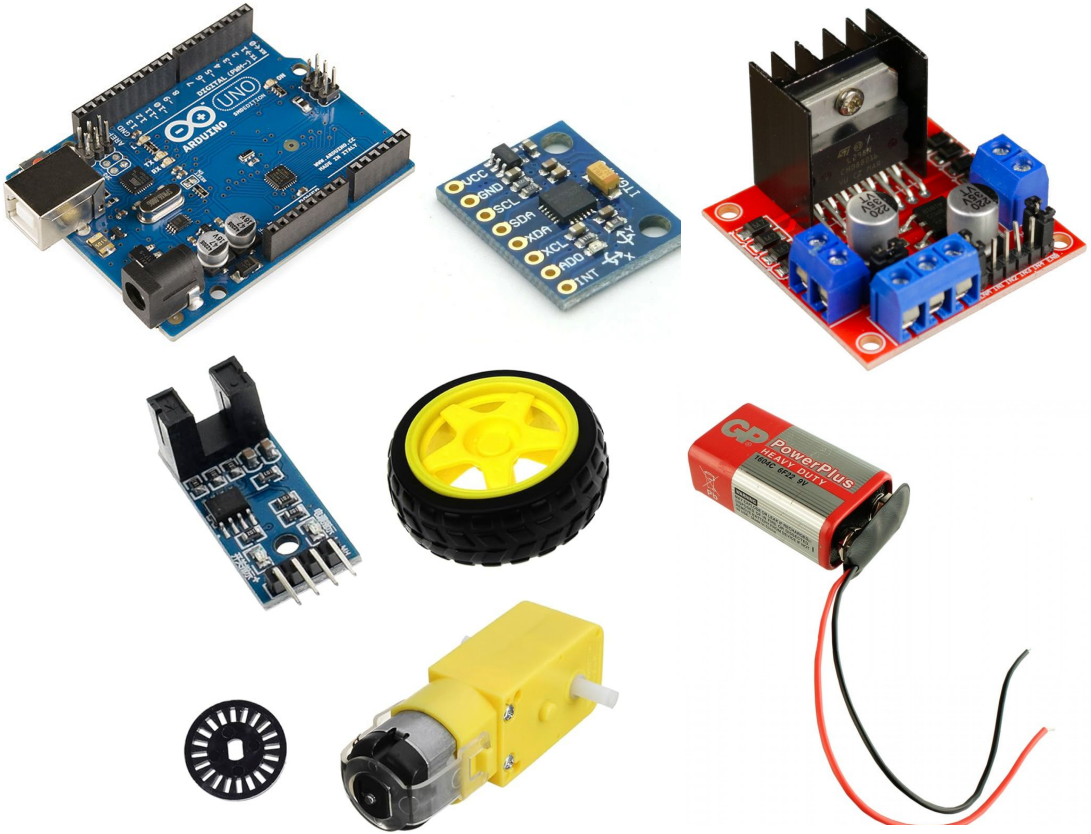
Manter o centro de gravidade exatamente acima do ponto de articulação, esse processo é chamado de *cinemática inversa* porque o robô faz o oposto de sua tendência.



3. Construção do Segway

Hardware:

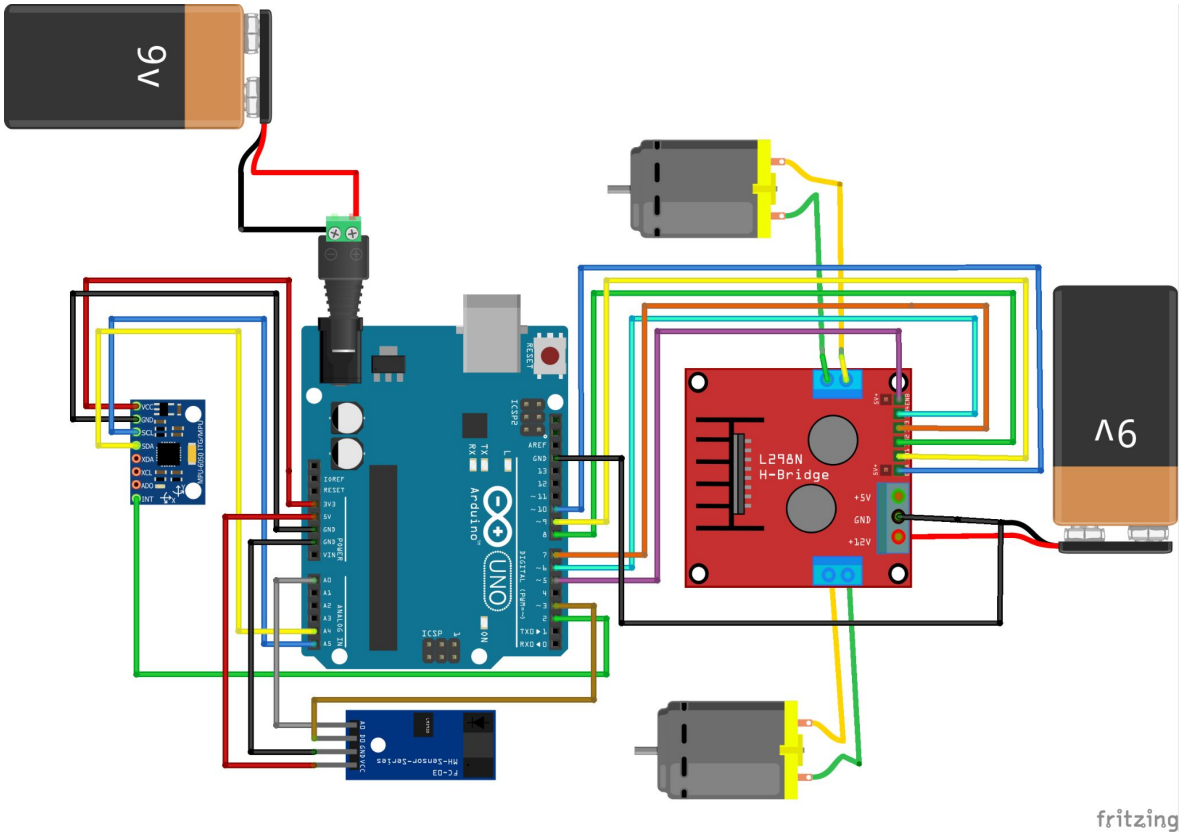
- Arduino Uno
- MPU6050
- 2 motores DC 3-6V
- Ponte H L298N
- 2 Baterias de 9V
- 1 par de rodas
- Sensor de Velocidade FC-03



3. Construção do Segway

Esquemático no Fritzing:

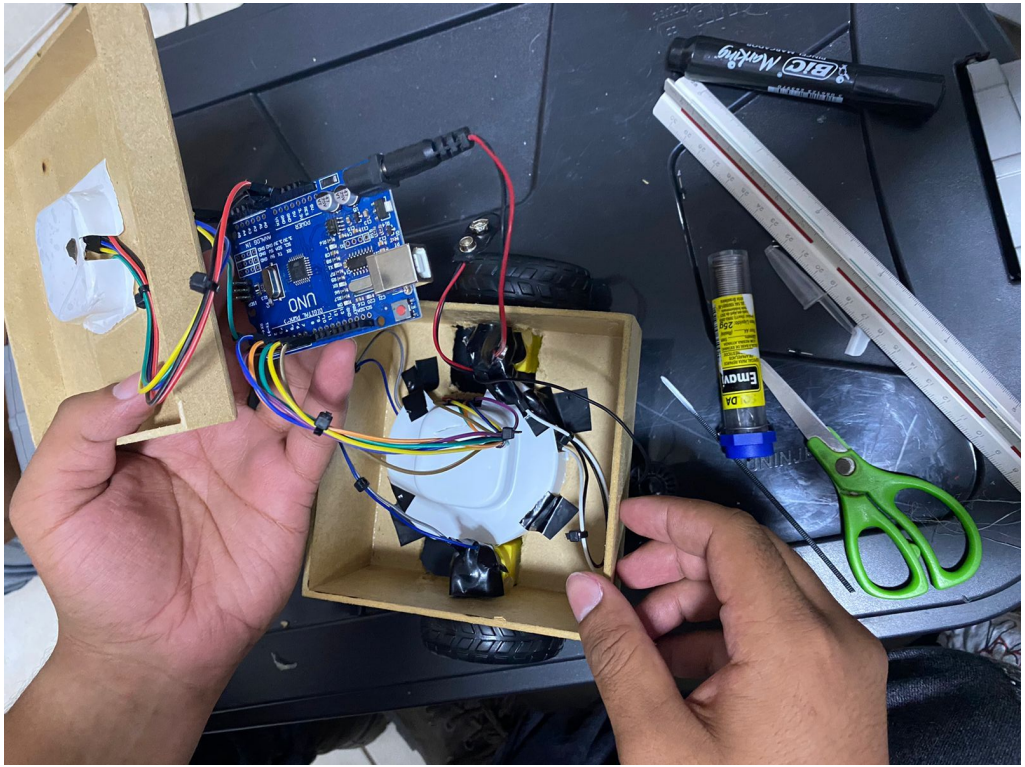
- Arduino Uno
- MPU6050
- 2 motores DC 3-6V
- Ponte H L298N
- 2 Baterias de 9V
- 1 par de rodas
- Sensor de Velocidade FC-03



3. Construção do Segway

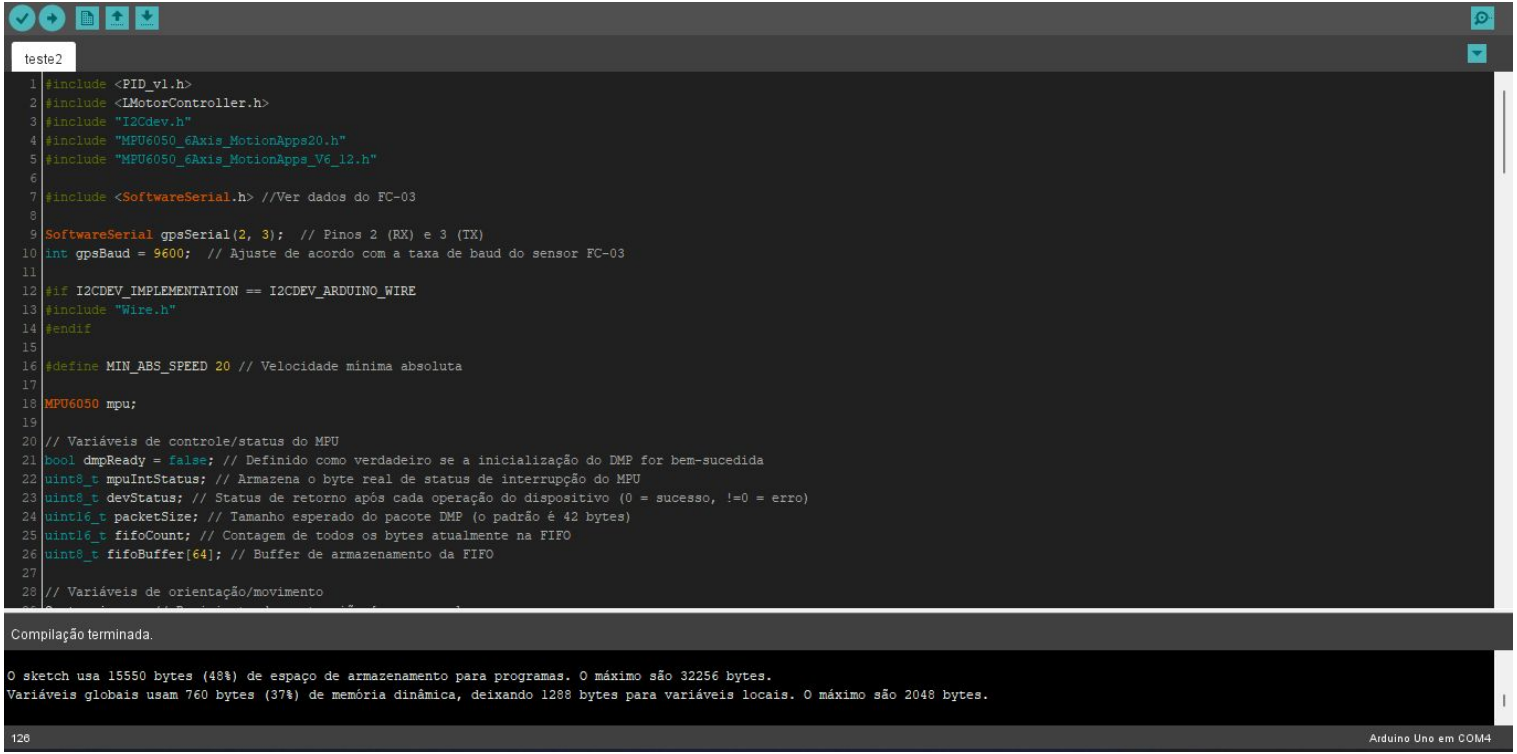
Esquemático real:

- Arduino Uno
- MPU6050
- 2 motores DC 3-6V
- Ponte H L298N
- 2 Baterias de 9V
- 1 par de rodas
- Sensor de Velocidade FC-03



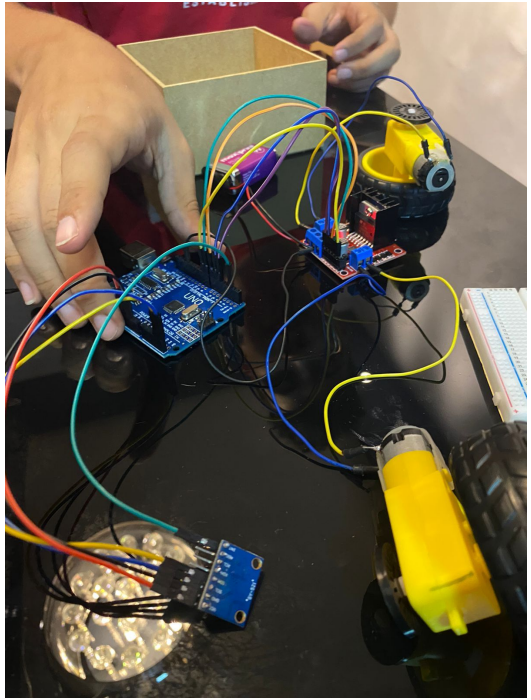
4. Programação Arduino

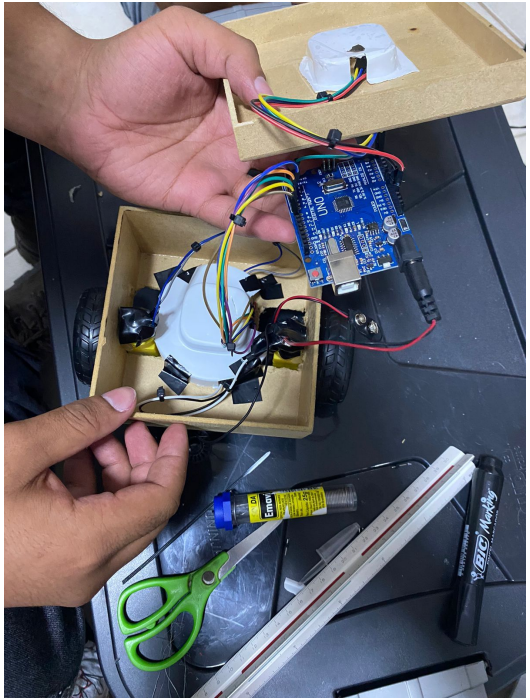
Código Arduino:



Abrir programa

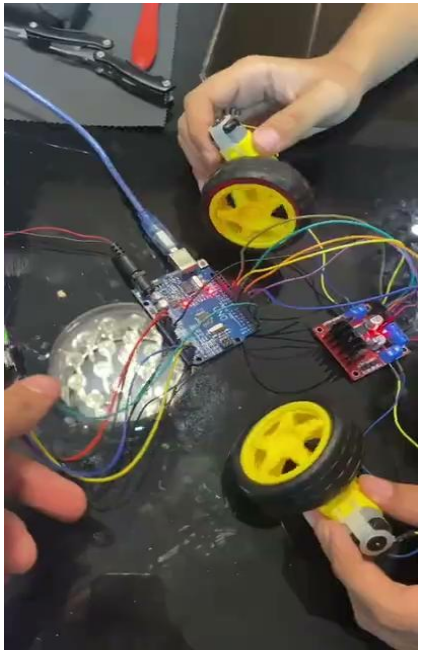
5. Montagem

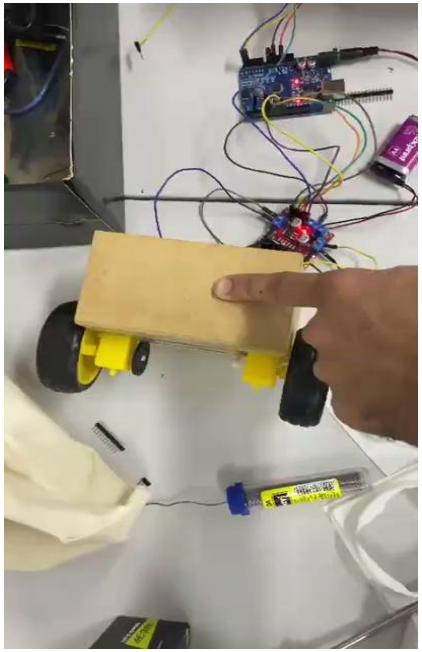




6. Testes

Configuração do código e testes práticos:





6. Testes

Configuração do código e testes práticos:

7. Desafios

- **1. Integração de Sensores:** O desafio inicial é integrar corretamente o MPU6050 para coletar dados de inclinação e aceleração do robô segway. Isso envolve a comunicação eficaz entre o sensor e o Arduino Uno.

- **2. Controle dos Motores DC:** Configurar o controle dos motores DC (que podem variar de 3-6V) por meio da Ponte H L298N é um desafio, pois requer programação precisa para garantir a resposta apropriada às ações do PID.

- **3. Alimentação e Eficiência Energética:** Gerenciar o uso de duas baterias de 9V para alimentar o robô e garantir eficiência energética é um desafio crítico. É necessário projetar circuitos para otimizar a energia utilizada.

- **4. Estabilidade do Equilíbrio:** A parte mais significativa do desafio é a implementação do sistema PID em si para manter o equilíbrio do robô. Calibrar corretamente os parâmetros PID para evitar oscilações e quedas requer experimentação e ajustes precisos.

7. Desafios

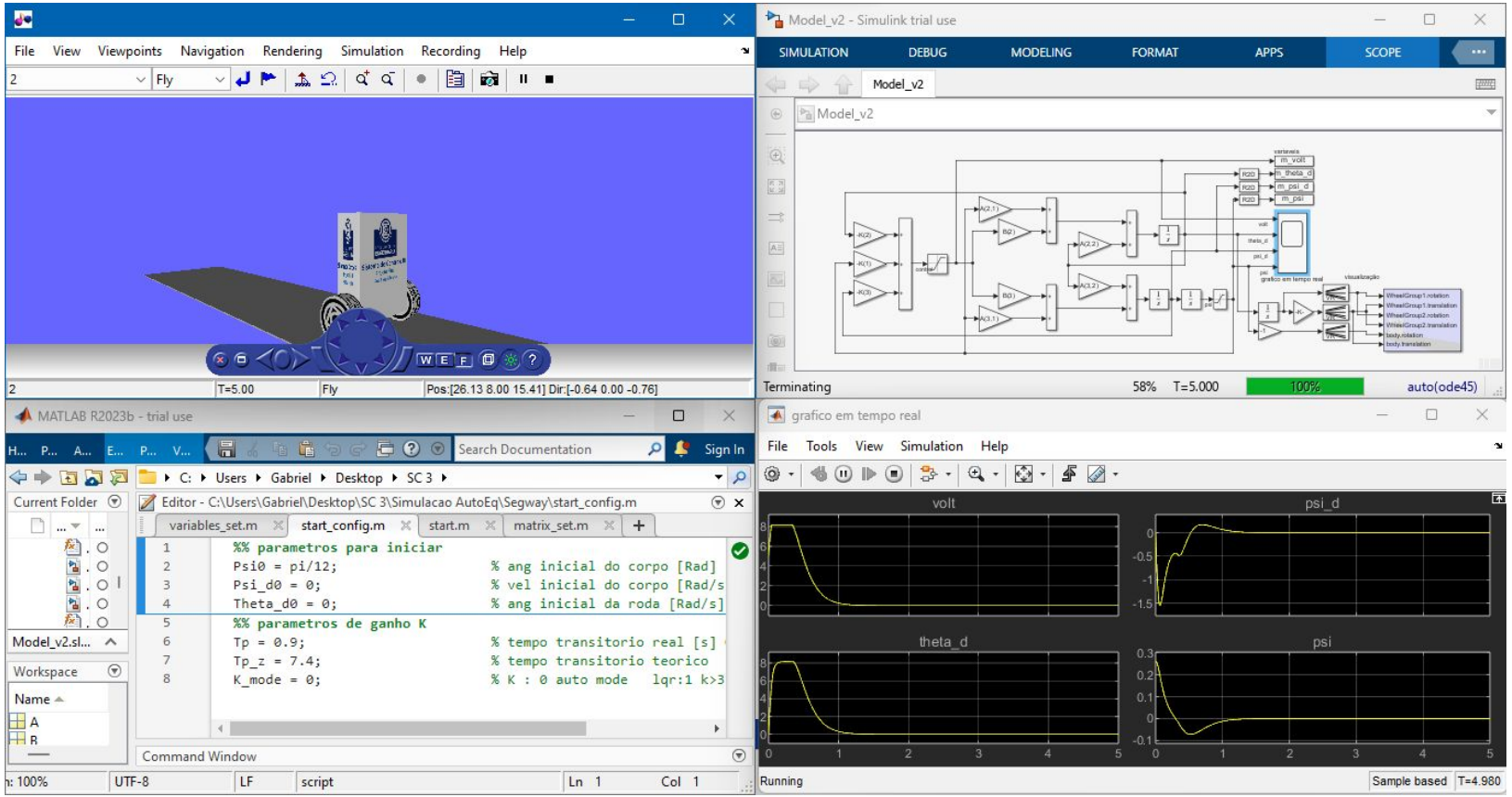
- **5. Feedback de Velocidade:** Integrar o Sensor de Velocidade FC-03 para medir a velocidade do robô e fornecer feedback para o sistema PID é um desafio adicional que envolve a interpretação dos dados do sensor e sua incorporação no controle.

- **6. Programação e Lógica Complexa:** Implementar a lógica do controle PID e garantir que todos os componentes e sensores se comuniquem efetivamente requer habilidades de programação avançadas e resolução de problemas.

- **7. Resposta a Distúrbios e Condições Variáveis:** Projetar o sistema PID para responder adequadamente a distúrbios externos e condições variáveis, como diferentes superfícies de terreno, é um desafio importante.

- **8. Design Mecânico e Distribuição de Peso:** Garantir que o robô segway seja fisicamente equilibrado e bem construído, com o peso distribuído de maneira adequada, também é essencial para o sucesso do projeto.

8. Simulação Simulink/Matlab



8.1 Desafios Simulação

1. Modelagem do Robô Segway: Incluir todas as suas características físicas e dinâmicas.

2. Sintonia do Controlador PID: A sintonia adequada dos parâmetros do controlador PID é um desafio crítico para garantir o equilíbrio estável do robô. Isso exige experimentação e análise.

4. Lidar com Não-Linearidades: Os robôs segways geralmente apresentam não-linearidades em sua dinâmica, como atrito e aceleração variável.

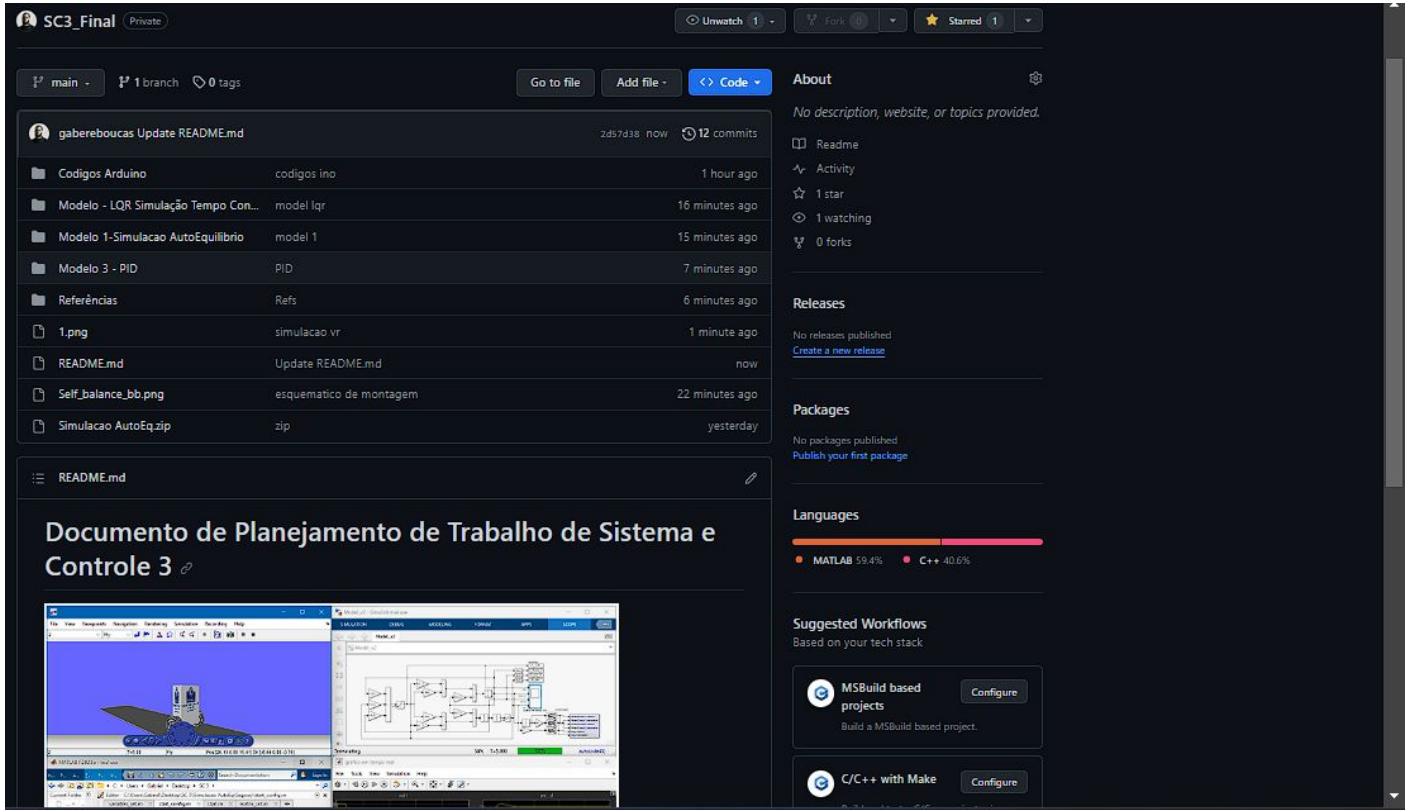
5. Feedback de Velocidade e Aceleração: Integrar feedback de sensores de velocidade e aceleração, se necessário, requer modelagem e manipulação adequada desses dados no Simulink.

6. Simulação em Ambientes Realistas: Levar em consideração distúrbios, como vento ou inclinações variáveis, é um desafio importante.

7. Avaliação de Estabilidade e Desempenho: Medir e avaliar a estabilidade do robô segway, envolve a análise de dados de simulação para ajustes finos.

8. Comportamento em Tempo Real: Assegurar que o sistema PID funcione em tempo real na simulação do Simulink é um desafio adicional, exigindo ajustes e otimização do código.

Referências



Disponível em: https://github.com/gaberebocas/SC3_Final

Referências

ANDRADE JÚNIOR, Braz da Costa et al. M**odelagem e análise do sistema de suspensão dianteira de uma motocicleta ao frear**. 2021.

ESHKABILOV, Sulaymon L.; ESHKABILOV, Sulaymon L. Spring-Mass-Damper Systems. **Practical MATLAB Modeling with Simulink: Programming and Simulating Ordinary and Partial Differential Equations**, p. 295-344, 2020.

KHOT, S. M.; YELVE, Nitesh P. Modeling and response analysis of dynamic systems by using ANSYS© and MATLAB©. **Journal of Vibration and Control**, v. 17, n. 6, p. 953-958, 2011.

LAKHLANI, Bhargavkumar; YADAV, Himansh. Development and analysis of an experimental setup of spring–mass–damper system. **Procedia Engineering**, v. 173, p. 1808-1815, 2017.

OGATA, K. et al. **Modern control engineering**. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall, 2010.

ROZLAN, Syaiful Azmirul Mohd et al. Theoretical modelling of a beam with attached spring-mass-damper system. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2017. p. 01030.

SHARMA, Rajkumar; PATHAK, D. K.; DWIVEDI, V. K. Modeling & simulation of spring mass damper system in simulink environment. **Proceedings of SOM**, v. 2014, 2014.

Obrigado pela atenção!