

Gerador de Sistemas para Controle

Bruna Medeiros da Silva¹, 16/0048711, Felipe Lima Alcântara², 16/0027918

^{1,2}Programa de Engenharia Eletrônica, Faculdade Gama - Universidade de Brasília, Brasil

Resumo—O Gerador de Sistemas é um projeto voltado para educação, mais especificamente aplicação prática de Sistemas de Controle para engenheiros, sua ideia surgiu pela falta de meios de aplicação em ambiente laboratorial do que é aprendido na teoria na Faculdade do Gama da Universidade de Brasília, sendo hoje o meio de aplicação a utilização do Simulink para simulação. O projeto busca com a Raspberry Pi gerar o sistema, inserido por meio do modelo matemático que o descreve, e com o sistema gerado permitir que o aluno consiga inserir um controlador analógico buscando realizar o controle do sistema proposto.

Index Terms—*Raspberry Pi*, educação, embarcados, microcontroladores, eletrônica

I. INTRODUÇÃO

Sistemas de controle estão presentes em inúmeras aplicações na sociedade moderna: Chuveiros eletrônicos, geladeira, freio ABS, controle de estabilidade, controle de altitude de satélites, controle de órbita, placas fotovoltaicas que seguem a posição do Sol, entre outros.

O conceito de sistema de controle para a Engenharia é definido como um conjunto de subsistemas e processos projetados com o objetivo de obter a saída desejada com um desempenho estabelecido por meio da manipulação da entrada, com pouca ou nenhuma intervenção humana.[1]

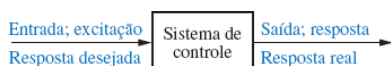


Figura 1. Exemplo simplificado de um Sistema de Controle.

Quando se trata de um projeto de um sistema de controle duas medidas de desempenho são evidenciadas: a resposta transitória e o erro em regime permanente. Por exemplo: um elevador deve subir e descer os andares de forma que não perturbe o passageiro e ao mesmo tempo não demore muito tempo para chegar no andar desejado (resposta transitória e tempo de subida), enquanto que ao chegar no andar desejado, o elevador deve ainda estar nivelado com o piso o suficiente para não ter nenhum potencial de ser nocivo ao passageiro (erro em regime).

Algumas definições[2]:

- **Plantas:** Uma é um conjunto de componentes que agem de maneira integrada para a realização de uma determinada tarefa. É aquilo que deve ser controlado
- **Variável controlada:** É a grandeza ou a condição aferida e controlada.
- **Sinal de controle:** É a grandeza modificada pelo controlador, buscando modificar o valor da variável controlada.

O sistema da Figura 1, é denominado de malha aberta, sua construção é mais simples, mais barata e mais conveniente para sistemas com saídas de difícil acesso, se comparado ao sistema de malha fechada, Figura 2, já esse por ter realimentação consegue suprir as desvantagens de um sistema de malha aberta, sendo viável para sistemas instáveis e compensando o efeito de perturbações com a comparação entre saída e sinal de referência.

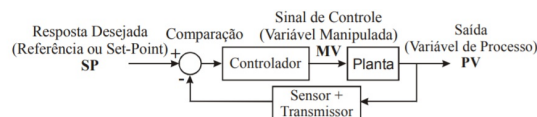


Figura 2. Diagrama de Blocos de um sistema em malha fechada.

Na Universidade de Brasília, UnB, campus Faculdade do Gama, FGA, a disciplina de Sistemas de Controle é ministrada para os cursos de Engenharia Aeroespacial e Eletrônica, com o objetivo de propiciar as primeiras ferramentas para a análise e síntese de sistemas de controle automáticos.

II. JUSTIFICATIVA

Dentro das universidades, sejam federais ou particulares, e principalmente dentro do ramo de Engenharia, é muito comum ouvirmos reclamações e críticas dos alunos relacionadas à necessidade de colocar em prática o que é aprendido nas matérias teóricas.

Além disso, aulas práticas possuem algumas características pouco exploradas ou ainda inexistentes em aulas teóricas, tais como a percepção das diferenças entre simulação e aplicação real e a capacidade de despertar uma habilidade criativa e de gerar conhecimentos práticos e

aplicáveis à indústria, o que, por sua vez, se torna cada vez mais necessário no mercado de trabalho.[3]

Atualmente, na FGA, foi estendido o número de créditos da disciplina de Sistemas de Controle, com o intuito de suprir a necessidade da prática por parte dos alunos na disciplina. Entretanto, ainda não há nenhum equipamento apropriado para que os mesmos possam aplicar a matéria, fazendo-os visualizar o conteúdo apenas por meio de simulações, gráficos e tabelas.

Usualmente, as atividades práticas desta disciplina buscam que o aluno desenvolva controladores para plantas já existentes, buscando analisar a diferença de desempenho ao adicionar controladores, alterando-se os coeficientes e tipo de controlador ou simplesmente fechando a malha do sistema, por exemplo.

A ementa da disciplina de Controle Dinâmico, ementa teórica bastante parecida com a ementa de Sistemas de Controle, ministrada na UnB campus Darcy Ribeiro comprova:

- Implementação de Controladores Analógicos: Realização de controladores analógicos utilizando amplificadores operacionais.
- Controle Dinâmico de Sistemas Físicos em laboratório: Controle de processos físicos por compensação dinâmica com controladores projetados no domínio-s, no domínio-w. Controladores PID. Controle de processos físicos por realimentação de estado.
- Métodos Computacionais em Controle Dinâmico: Aplicação de métodos computacionais no controle dinâmico de sistemas lineares contínuos no tempo.
- Experiências Demonstrativas: Servomecanismo Posicionado com Controle Lógico e Sensor Óptico-Digital. Automação de Testes e Medidas no Laboratório de Controle Servomecanismos Especiais.

Pensando nisso, será desenvolvido um produto capaz de modelar uma onda de saída de acordo com a função de transferência colocada pelo aluno/professor na entrada do sistema. Esse equipamento possibilitará a quem o utilizar testar seus conhecimentos de sistemas de controle, tais como realimentações, sistemas de malha fechada, projeto de controladores, estabilidade de sistemas, ganho, efeito de polos e zeros, resposta no domínio do tempo e suas características e muito mais.

III. OBJETIVO

Proporcionar aos alunos que estarão cursando a disciplina de Sistemas de Controle ou equivalentes uma interação real com o ambiente da matéria, visto apenas teórica e/ou graficamente, e com as ferramentas estudadas ao longo do curso, capacitando os alunos a

atuarem ativamente no desenvolvimento de suas próprias habilidades e afinidade com a matéria.

Para isso será projetado um gerador de Sistemas a serem controlados, de tal forma que o professor ministrante da disciplina consiga inserir o modelo matemático do sistema no gerador e os alunos, ao construírem o controlador adequado para o sistema criado, consigam observar e entender o controle que estará sendo realizado.

IV. METODOLOGIA

O projeto será dividido em pontos de controle, com o objetivo de analisar e marcar o desenvolvimento do mesmo. Serão 4 pontos de controle, cujos são definidos como:

- **PC1:** proposta do projeto (justificativa, objetivos, requisitos, benefícios, revisão bibliográfica).
- **PC2:** protótipo funcional do projeto, utilizando as ferramentas mais básicas da placa de desenvolvimento, bibliotecas prontas etc.
- **PC3:** refinamento do protótipo, acrescentando recursos básicos de sistema (múltiplos processos e threads, pipes, sinais, semáforos, MUTEX etc.).
- **PC4:** refinamento do protótipo, acrescentando recursos de Linux em tempo real.

Cada ponto de controle terá um relatório escrito para o mesmo, de forma a agregar o anterior e a evolução do projeto.

Além disso, na agenda dos membros do projeto serão dedicadas um mínimo de quatro horas semanais para o desenvolvimento. O projeto terá parte de desenvolvimento em *Software* e parte em *Hardware*.

1) *Software*: A funcionalidade básica de que o *software* deverá ser capaz, é de receber uma função de transferência para o sistema e a partir desta gerar a forma de onda resultante, com a referência como entrada.

Com o sistema de controle em funcionamento, o *software* deverá identificar a entrada de realimentação e comparar com a referência (entrada original) enviando o sinal resultante para o controle analógico, que será projetado pelo aluno.

Com o decorrer do projeto pode-se adicionar algumas funcionalidades no *software*, tais como a criação de um servidor, para inserir uma função de transferência em várias Raspberry's ao mesmo tempo. Integração com o *MatLab* e outras funções também são extremamente visadas, porém estes incrementos só serão realizados caso a função básica tenha sido efetivada de forma correta e com um nível satisfatório de eficácia e qualidade de produto.

2) *Hardware*: O projeto do *hardware* deverá conter pelo menos um conversor A/D e um D/A para que haja a transição de dados da Raspberry para o controle analógico e da saída do controle analógico para Raspberry. O projeto do *hardware* deverá ser acessível, para que o aprendizado de uso seja rápido, ou seja, o hardware será construído visando uma interface amigável e intuitiva para o usuário, mas que também forneça a ele ferramentas e funcionalidades que supram suas necessidades de experimentação.

O desenvolvimento do *hardware* dependerá da efetivação do *software* e por este motivo não tem muitos exigências nesta etapa inicial do projeto.

V. REQUISITOS

Dado o fato que o projeto será desenvolvido para um fim específico e um público-alvo bem definido, se torna necessária uma determinação de requisitos clara e objetiva. Sendo assim, podemos dividir os nossos requisitos nos seguintes grupos:

A. Requisitos materiais e custos

- Dispositivo de entrada (para que o usuário possa configurar o sistema conforme necessidade, como um teclado, por exemplo). **Preço:** R\$ 40,00;
- Raspberry Pi 3 Model B. **Preço:** R\$ 250,00;
- Conversor Analógico para Digital: ADS 1115 Esp. **Preço:** R\$ 40,00;
- Conversor Digital para Analógico: MCP 4725. **Preço:** R\$ 35,00;

B. Requisitos técnicos

1) *Conhecimento em Sistemas de Controle*: Para realizar a aplicação será necessário conhecimento de sistemas de controle, para que se realize testes de implementação e que a Raspberry realize a função do sistema de forma coerente.

2) *Programação em C*: Dado o foco da disciplina é realizar um projeto utilizando, a Raspberry Pi, se torna imprescindível que os projetistas tenham uma habilidade e domínio sobre a linguagem C, que é a linguagem utilizada para construir os códigos para a Raspberry, apesar de seu sistema funcionar em um terminal equivalente ao terminal do Linux.

3) *Habilidades em eletrotécnica*: Para a construção da parte estrutural, se faz necessário o uso de protoboards, jumpers, PCBs, entre outros componentes estruturais. Assim, torna-se necessário habilidade em soldagem e manuseio de destes componentes.

4) *Formatação dos documentos*: A elaboração e manutenção dos documentos produzidos no projeto deverá utilizar *LaTeX* de forma que a apresentação das informações fique organizada, assim como, representará as instruções para a construção do protótipo.

VI. BENEFÍCIOS

Os principais benefícios na realização deste projeto estarão diretamente ligados à comunidade acadêmica da FGA, visto que trará uma experiência antes não disponível para os alunos e também aos professores, que poderão aplicar sua matéria de forma muito mais didática e compreensiva, gerando, possivelmente, um maior interesse pela área.

Pensando nisso, o projeto trará ainda uma alternativa com um equilíbrio entre custos e benefícios/funcionalidades para a melhoria da formação prática e habilidade experimental dos alunos. Tudo isso contribuirá ainda para a formação de profissionais mais capacitados e preparados para o mercado de trabalho no futuro.

Além disso, os principais beneficiados com a realização do projeto serão os próprios projetistas, visto que lidarão com problemas e *trade-off* que os capacitarão cada vez mais para o mercado de trabalho e lhes entregará uma maior experiência e segurança para adentrar no mercado, além de capacitá-los a produzirem e conduzirem projetos de forma mais elaborada e eficiente dentro da própria Universidade.

VII. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Industrialmente as simulações de sistemas de controle embarcados são realizadas utilizando a técnica *Hardware-in-the-loop*(HIL), que tem como objetivo desenvolver e simular sistemas embarcados de grande complexidade em tempo real[4].

O HIL serve para reduzir tempos, custos e esforços em concepção e projeto de sistemas dinâmicos, sendo bastante eficaz quando a representação matemática da planta, simulação de planta, é adicionada na plataforma de teste. O sistema embarcado a ser testado interage com esta simulação de planta, tudo ocorrendo em *software*.

A desvantagem deste sistema é a não aplicação e criação de controle analógico e o preço das plataformas modulares, uma controlador PXI da National Instruments custa aproximadamente R\$ 6500,00.

Marcos M. trás uma ideia de laboratório completamente analógico, onde alunos projetariam um controlador PID, porém as plantas ficariam limitadas as plantas geradas por circuitos elétricos, assim não havendo muita aplicação para Aeroespacial, já o projeto proposto aqui poderá ser qualquer tipo de planta a ser

modulada matematicamente pelo aluno, para que seja feito o controlador.

Existe também a possibilidade de construção de plantas, Marco Melo demonstra exemplos de plantas criadas para a Disciplina de Controle Digital[5], porém com uma turma de 45 alunos, como é a oferta para a disciplina de Sistemas de Controle, deveria-se ter um numero grande de plantas para contato do aluno com o sistema, encarecendo a aplicação.

As aplicações encontradas utilizando a Raspberry Pi em sistemas de controle são feitas com o objetivo de desenvolver apenas controladores, não suprimindo a necessidade do laboratório.

REFERÊNCIAS

- [1] N. S. Nise, *Engenharia de Sistemas de Controle*, 7th ed. LTC, 2017.
- [2] K. Ogata, *Engenharia de controle moderno*, 5th ed. Pearson, 2011.
- [3] M. F. M., “Controlador pid analógico: uma abordagem didática em laboratório,” *COBENGE*, 2005.
- [4] N. I. Corporation. (2019) What is hardware-in-the-loop? [Online]. Available: <http://www.ni.com/pt-br/innovations/white-papers/17/what-is-hardware-in-the-loop-.html>
- [5] M. A. A. Melo, “Ensino de sistemas de controle usando aplicações reais em engenharia elétrica,” *COBENGE*, 2005.