

## Sistemas de Controle 2 – Tarefa sobre o projeto nº 1 – Controle Digital

**Objetivo:** Aplicar conceitos de sistemas de controle e controle digital, para o projeto de controladores digitais.

**Para o sistema proposto:**

1. Para o circuito da Figura 1 e determinar a função de transferência do sistema contínuo a partir das informações do ensaio experimental ou modelagem téorica e comparar com a simulação no Matlab.

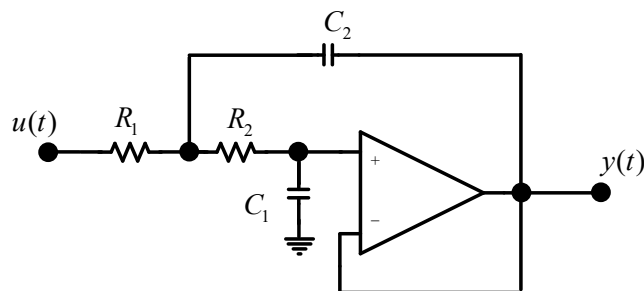


Fig. 1 – Planta Analógica

A função de transferência da planta  $G(s)$  pode ser determinada a partir da análise da Figura 2 e das equações 1, 2, 3 e 4.

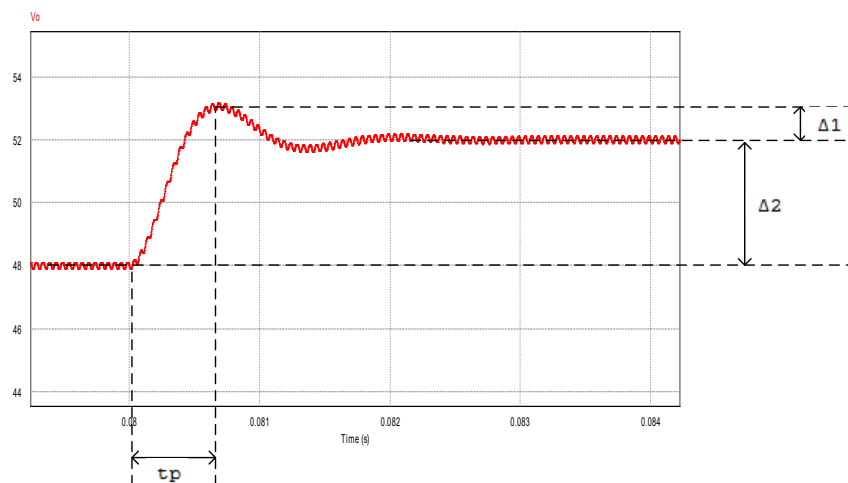
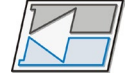


Fig. 2 – Resposta Transitória

$$M_p = \frac{\Delta 1}{\Delta 2} \quad (1)$$

$$M_p = e^{-\frac{\pi \zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad (2)$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \cdot \sqrt{1-\zeta^2}} \quad (3)$$



$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (4)$$

2. Elaborar o projeto dos seguintes controladores digitais:
  - 2.1 – Projeto de controlador digital no plano z pelo método do lugar das raízes.
  - 2.2 – Projeto de controlador digital pela conversão de um controlador analógico.
3. **Durante todo o projeto deve ser considerada a estrutura de controle apresentada na Figura 6, sendo mantidos os nomes das variáveis definidas na Figura 3.**

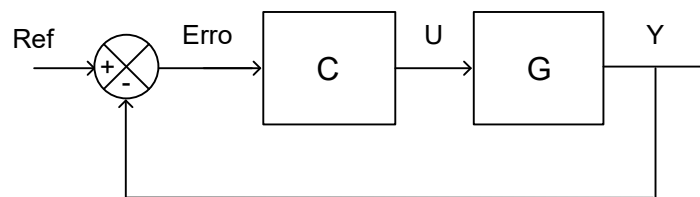


Fig. 3 – Diagrama em Blocos

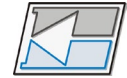
Onde:

- G é a função de transferência da planta;
- C é a função de transferência do controlador;
- Y é a saída do sistema;
- U é a ação de controle aplicada na entrada da planta (saída do controlador);
- Y é a saída do sistema;
- Erro é o sinal de erro;
- Ref é o sinal de referência (entrada do sistema);

4. Elaborar programas de simulação (Matlab, Phytion, Octave) que utilizem a implementação das equações a diferenças (equações recursivas) de cada bloco separadamente e suas conexões.

**Nos programas devem ser mantidos os nomes das variáveis definidas na Figura 6.**

5. Entregar relatório no SIGAA com os cálculos utilizados, e as figuras dos testes dos controladores no script de simulação (o script não será considerado como relatório).
6. Aplicar o teorema do valor final para verificar o erro em regime permanente e verificar em simulação.
7. Elaborar e descrever o fluxograma detalhado para implementação do controle em microcontrolador, considerando a forma de operacionalizar as seguintes funcionalidades:
  - Implementação do período de amostragem;
  - Execução das equações recursivas;
  - Amostragem da variável controlada;



- Saída da ação de controle.

### Observações

- Os parâmetros dos controladores não podem ser ajustados apenas por tentativa e erro.
- Deve-se destacar como foram escolhidos os períodos de amostragem, deixando clara esta informação.
- Deve ser verificada a amplitude máxima da ação de controle U. Para a situação de um degrau de referência de 1 V a 1,5 V
- Deve-se destacar se foram atendidas as especificações, deixando clara esta informação, indicando os valores nos gráficos. Deve ser apresentada uma **tabela** mostrando os valores das especificações que foram obtidos com o controlador digital. Comparar os resultados com as especificações originais.
- O relatório não poderá ter a listagem do programa de simulação ou partes do mesmo, deverão ser apresentados e descritos os **conceitos e equações** utilizados deixando bem clara a metodologia de cada um dos projetos. A listagem do programa só poderá ser apresentada na forma de anexo, porém não é obrigatória sua inclusão no relatório.

Item	Peso
Identificação da Planta analógica	0,5
Método de Projeto	3 (2 +1)
Escolha do Período de Amostragem	0,5
Verificação dos Polos malha fechada	0,5
Verificação da Ação de Controle	0,5
Programas de simulação com equações recursivas (devem ser enviados os arquivos)	2
Fluxograma do controle implementado em microcontrolador	0,5
Verificação Especificações/Tabela	0,5
Envio dos Programas	1
Verificação Experimental + Bônus:	1 + 1

### Especificações Mínimas da resposta ao degrau (\*)

Degrau de referência de 1,0 V a 1,5 V;

Ts5% = número de letras do seu nome completo (ms);

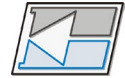
Erro nulo em regime permanente para resposta ao degrau;

MP = 2 X Número de letras do seu primeiro nome (%);

Estabilidade.

### Conteúdo obrigatório do relatório final:

- Identificação da planta;
- Metodologia de projeto empregada;
- Resultados da simulação (numéricos e gráficos). Apresentar tabela comparando especificações, resultados de simulação e resultados experimentais.



- Elaborar e descrever o fluxograma para implementação do controle em microcontrolador, considerando a forma de operacionalizar as seguintes funcionalidades:
  - Implementação do período de amostragem;
  - Execução das equações do controlador (colocar todas as equações no fluxograma);
  - Amostragem da variável controlada;
  - Saída da ação de controle.
- Referências Bibliográficas

Datas de envio no SIGAA do relatório e dos programas de simulação 07/11/2022

### **Verificação Experimental:**

1. Elaborar programas de controle em micro controlador, montar todo o sistema e realizar os testes.
2. Deve-se destacar se foram atendidas as especificações, deixando clara esta informação, indicando os valores nos gráficos. Deve ser apresentada uma **tabela**, apresentado os valores das especificações e comparar cos resultados experimentais.
3. Os programas de simulação no Matlab e de implementação no micro controlador devem ser enviados no SIGAA, juntamente com o relatório final.

Datas dos testes práticos:

03/10

17/10

24/10

31/10

07/10 (\* Prazo Final)

Para agendar os testes práticos o aluno deve enviar um email para [flabio@ifsc.edu.br](mailto:flabio@ifsc.edu.br) informando a função de transferência do controlador, o período de amostragem e os ganhos da equação recursiva do controlador na seguinte forma:

$$u(k)=k1*e(k)+k2*e(k-1)+k3*e(k-2)+k4*u(k-1)+k5*u(k-2)$$

O agendamento dos testes será realizado por ordem de chegada dos e-mails.