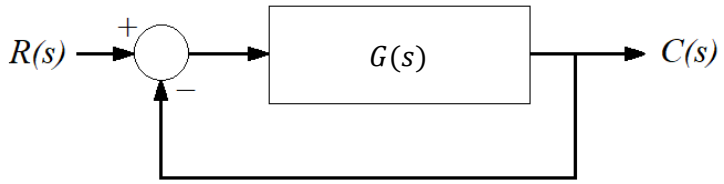
TRABALHO – Teoria de Controle I [CEL038] – Turma A – 2024.3 VALOR: 30 PONTOS

INSTRUÇÕES:

1. *Este trabalho deve ser feito em grupos de até 4 alunas(os).*
2. ***O ambiente básico para as tarefas propostas neste trabalho é o MATLAB ou o PYTHON COLAB (somente).***
3. *É considerado como relatório final deste trabalho o arquivo .m (MATLAB) ou .ipynb (ambiente PYTHON COLAB, Google), que consegue executar plenamente (sem nenhum erro de execução) TODAS as tarefas que estão propostas no trabalho.* ***Todo o código precisa, obrigatoriamente, estar comentado, detalhando o que cada trecho do código está fazendo****. Caso o código desenvolvido não funcione e não contenha os comentários necessários para sua compreensão, poderá haver perda parcial e até total de pontos.*
4. *O envio do trabalho será feito por apenas um representante do grupo para o e-mail ricardo.henriques@ufjf.br,* ***até às 18h do dia 13/03/2025****. Coloque no assunto: "[CEL038] Entrega do trabalho computacional"*
5. ***Reforçando: os comentários em código devem deixar sempre claros o raciocínio, os cálculos e as decisões em cada porção do código****. A falta pode acarretar na perda de pontos caso não fique claro o que faz o código usado na solução dos itens do trabalho.*
6. *Utilize no código* ***variáveis cujos nomes*** *sejam os mais autoexplicativos possíveis. Ex.: wn (freq. não amortecida), zeta (amortecimento), FTMA (função de transferência de malha aberta), FTMF (função de transferência de malha fechada), polodesejado, etc.*
7. *A IDENTIFICAÇÃO DO "****COPY AND PASTE****" EM PARTES OU NA TOTALIDADE DOS ARQUIVOS MATLAB RESULTARÃO EM* ***PERDA PARCIAL OU TOTAL DOS PONTOS DESTE TRABALHO****.*

Observe o sistema de controle abaixo. Para este sistema, faça ou com **MatLab** ou com **Python COLAB** um código para:



$$G(s) = \frac{2\,s^2 + 4\,s + 34}{s(s+1{,}5)(s+5)}$$

a. Construir o gráfico do Lugar das Raízes (LR). Destacar no gráfico do LR quem são os polos de malha fechada, incluindo a reta de amortecimento ζ e o círculo de ω_n para os polos dominantes. Adicionar também ao LR a reta de amortecimento $0{,}5$ e o círculo de ω_n de $1{,}9$ rad/s. (4 pontos)

b. Aplicar um degrau unitário na referência $r(t)$ e gerar o gráfico da resposta no tempo para a saída $c(t)$, com 50 s de simulação. Utilize um vetor de tempo t, com intervalos de $0{,}01$ s, até 50 s. na MF (4 pontos)

c. Com os pontos da saída $c(t)$ ao degrau unitário, obter com o código (não com o gráfico) o valor do sobressinal percentual e da frequência f (com f calcular o ω_d correspondente). Compare o valor de ω_d obtido da saída $c(t)$ com a parte imaginária dos polos dominantes do item (a), comentando a relação entre ambos. (4 pontos)

d. Aplicar uma rampa na referência $r(t)$ e gerar o gráfico da resposta no tempo para a saída $c(t)$, com 200 s de simulação. Calcular com o código o valor da constante de velocidade K_v para $G(s)$ e o erro de regime permanente com a constante K_v calculada. Compare o erro de regime permanente calculado com o código com o erro apresentado pelos pontos do gráfico da saída em 200 s. Comentar os valores comparados. (4 pontos)

e. Projetar, através de uma busca com código, um compensador avanço-atraso $G_c(s)$ com $\gamma \neq \beta$ ($\gamma > 1$ e $\beta > 1$), em série com $G(s)$, para obter um amortecimento ζ dos polos dominantes de $0{,}5$ e uma frequência natural não amortecida ω_n de $1{,}9$ rad/s. Este compensador também deve reduzir em 7 vezes o erro de regime permanente para a entrada em rampa. Fazer código para buscar para a sintonia do compensador $G_c(s)$, de forma que, para a entrada ao degrau unitário, o sobressinal seja menor que 18% e maior que 10% e o tempo de assentamento (faixa de 2%) seja ≤ 3,2 s. Após projetar e encontrar $G_c(s)$ que atende os critérios, traçar o LR do sistema compensado, destacando a posição dos novos polos de malha fechada dominantes. Traçar o gráfico da resposta ao degrau unitário em $r(t)$ do sistema compensado até 50 s, marcando no gráfico o valor do sobressinal e o tempo de assentamento após a compensação. Por último traçar o gráfico da resposta a rampa até 200 s, demonstrando que o erro reduziu 7 vezes após a compensação. (14 pontos)

IMPORTANTE: o algoritmo de busca pela sintonia que atende as especificações de sobressinal e assentamento deve fazer parte do código! Apresentar uma solução que não é obtida claramente pela execução do código acarretará em perda dos pontos. O compensador atraso pode ter módulo de até 0,96 e contribuição angular de até 5°. ***A busca pelo zero do avanço deve estar entre -0,5 e -4 e T2 deve estar entre 5 e 15****. Dúvidas? Procure o professor.*

$$G_c(s) = K_c\left(\frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{\gamma}{T_1}}\right)\left(\frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{\beta T_2}}\right)$$

COMO FAZER OS COMENTÁRIOS JUNTO AO CÓDIGO NO MATLAB/PYTHON COLAB

O trabalho não vai ter relatório e código. ***Será entregue somente o código****, porém* ***o código precisa ser feito de forma comentada****, pois os comentários servirão na correção para descrever o que foi feito no código para atender aos itens do trabalho. Logo o grupo ou a pessoa deve* ***comentar o melhor possível as linhas de código, deixando claro o que cada trecho do código faz****. Abaixo está um guia da forma como o código deverá estar no momento da entrega.* ***IMPORTANTE: o código que não estiver funcionando acarretará na perda total ou parcial dos pontos****. Quanto ao PYTHON, a forma de entrega será somente através do PYTHON COLAB (extensão .ipynb)*

```
%
% Inicializando a variável s.
% Limpando a memória e fechando os gráficos abertos.
% Formatando como os números serão exibidos.
% etc
%
format long;
close all;
clear all;
s = tf('s');
%--------------------
% SISTEMA DE CONTROLE
%--------------------
% Comentário sobre as linhas programadas 1
linhas_programadas_1; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 2
linhas_programadas_2; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 3
linhas_programadas_3; % comentário específico adicional
%
% Letra [a]
%
% Comentário sobre as linhas programadas 4
linhas_programadas_4; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 5
linhas_programadas_5; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 6
linhas_programadas_6; % comentário específico adicional
%
% Letra [b]
%
% Comentário sobre as linhas programadas 7
linhas_programadas_7; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 8
linhas_programadas_8; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 9
linhas_programadas_9; % comentário específico adicional
%
% Letra [c]
%
% Comentário sobre as linhas programadas 10
linhas_programadas_10; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 11
linhas_programadas_11; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 12
linhas_programadas_12; % comentário específico adicional
%
% Letra [d]
%
% Comentário sobre as linhas programadas 13
linhas_programadas_13; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 14
linhas_programadas_14; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 15
linhas_programadas_15; % comentário específico adicional
%
% Letra [e]
```

```
%
% Comentário sobre as linhas programadas 16
linhas_programadas_16; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 17
linhas_programadas_17; % comentário específico adicional
% Comentário sobre as linhas programadas 18
linhas_programadas_18; % comentário específico adicional
```

EXEMPLO PYTHON COLAB COMENTADO