

# Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

## Sistemas de Controle Contínuos e Discretos –

### CMC-12

### Lista 8 – Diagrama de Bode

**Professor:** Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo

9 de maio de 2022

**Observação:** A entrega da solução dessa lista consiste de submissão de arquivos no Google Classroom. Compacte todos os arquivos a serem submetidos em um único **.zip** (use obrigatoriamente **.zip**, e **não** outra tecnologia de compactação de arquivos) e anexe esse **.zip** no Google Classroom. O arquivo com os passos das soluções de todas as questões (rascunho) deve ser entregue num arquivo chamado **rascunho.pdf** (**não** usar outro formato além de **.pdf**). Para o **.zip**, use o padrão de nome **<login\_ga>\_listaX.zip**. Por exemplo, se seu login é **marcos.maximo** e você está entregando a lista 1, o nome do arquivo deve ser **marcos.maximo\_lista1.zip**. **Não** crie subpastas, deixe todos os arquivos na “raiz” do **.zip**.

**Questão 1.** Considere um sistema em malha fechada com compensador PD para controlar a posição de um carro autônomo, conforme mostra a Figura 1, em que  $D(s)$  é uma perturbação de entrada. Seja  $D(s)$  uma perturbação senoidal tal que

$$d(t) = A_d \sin(\omega t + \phi_d), \quad (1)$$

em que  $\omega$ ,  $A_d$  e  $\phi_d$  representam frequência, a magnitude e a fase da senoide. Assumindo referência nula, determine a saída em regime permanente senoidal  $y(t)$  em função de  $\omega$ ,  $A_d$ ,  $\phi_d$ ,  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $m$  e  $b$ . Dê sua resposta através da função de MATLAB `questao1`. Defina  $y(t)$  no MATLAB como uma função anônima.

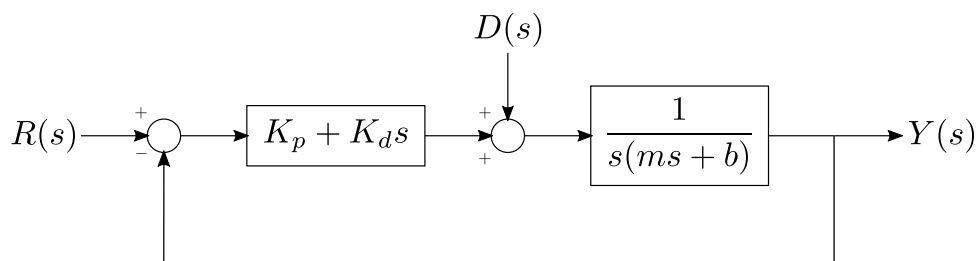


Figura 1: Malha de controle da questão 1.

**Questão 2.** Usando regras de traçado manual, esboce o diagrama de Bode de

$$G(s) = \frac{2(s + 10)}{(s^2 + 2s + 2)}. \quad (2)$$

Dê sua resposta através do arquivo `questao2.pdf`. Caso prefira, pode usar papel monolog ou a grade fornecida na Figura 4. Não é necessário um desenho muito preciso.

**Questão 3.** Faça uma função no MATLAB que determine a aproximação de traçado manual de um diagrama de Bode que possui **apenas** zeros e polos reais, e que estão todos no semi-plano esquerdo (SPE). O cabeçalho da função deve ser:

```
1 [magnitudo, fase] = questao3(sys, w)
```

em que `sys` é a função de transferência da qual se deseja o diagrama de Bode e `w` é um vetor com as frequências desejadas (em  $rad/s$ ). As saídas são os vetores `magnitudo` e `fase` com os valores de magnitude (em dB) e de fase (em  $^\circ$ ), respectivamente. Considere que todos os vetores são vetores linha. Dê sua resposta através do arquivo `questao3.m`. **Observação:** para facilitar a auto-correção, **não** trace o diagrama de Bode explicitamente (i.e. não crie um gráfico), apenas retorne os valores de magnitude e fase através de `magnitudo` e `fase`. **Dica:** as funções de MATLAB `zeros = zero(sys)` e `polos = pole(sys)` retornam os zeros e polos de uma função de transferência `sys`, respectivamente.

**Questão 4.** Seja o sistema de controle de *cruise control* mostrado na Figura 2, em que  $N(s)$  é uma entrada de ruído de medida. Considere  $m = 1000 \text{ kg}$  e  $b = 50 \text{ N s/m}$ . Pedese determinar uma faixa de valores para  $K$  para atendimento aos seguintes requisitos:

- Erro em regime para entrada degrau unitário menor que ou igual a 0,1, i.e.  $e_\infty \leq 0,1$ .
- Atenuamento de pelo menos 20 dB entre o ruído de medida e a saída na frequência  $\omega = 10 \text{ rad/s}$ , i.e.  $|G_N(j\omega)| = |Y(s)/N(s)|$  deve valer  $-20 \text{ dB}$  ou menos em  $\omega = 10 \text{ rad/s}$ .

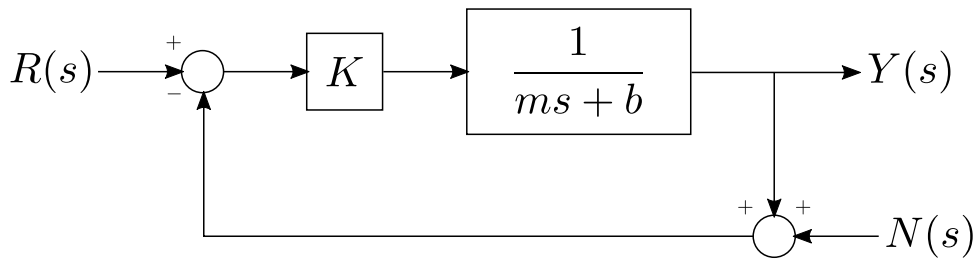


Figura 2: Malha de controle da questão 4.

Dê sua resposta através da função de MATLAB `questao4.m`.

**Questão 5.** Considere a dinâmica de malha fechada do robô seguidor de linha, conforme mostra o diagrama de blocos da Figura 3. Seja  $v = 1 \text{ m/s}$ , pede-se projetar os ganhos  $K_p$  e  $K_\psi$  para que o sistema atenda aos seguintes requisitos (no domínio da frequência):

- Banda passante  $\omega_b = 6 \text{ rad/s}$ .
- Pico de ressonância  $M_r = 0,3546 \text{ dB}$ .

Dê sua resposta através da função de MATLAB `questao5.m`.

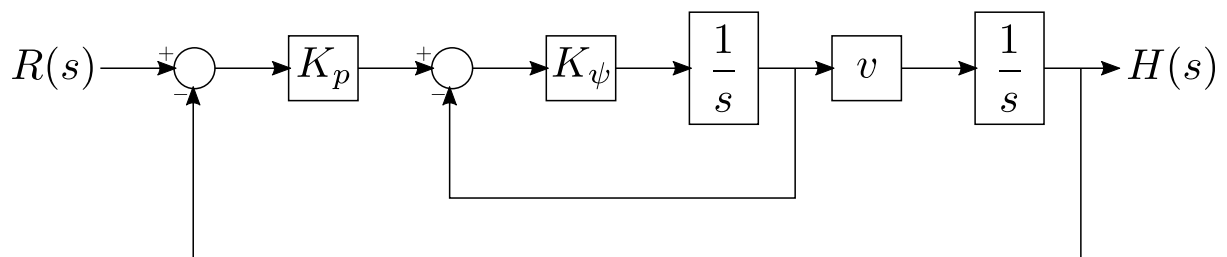


Figura 3: Malha de controle do robô seguidor de linha (questão 5).

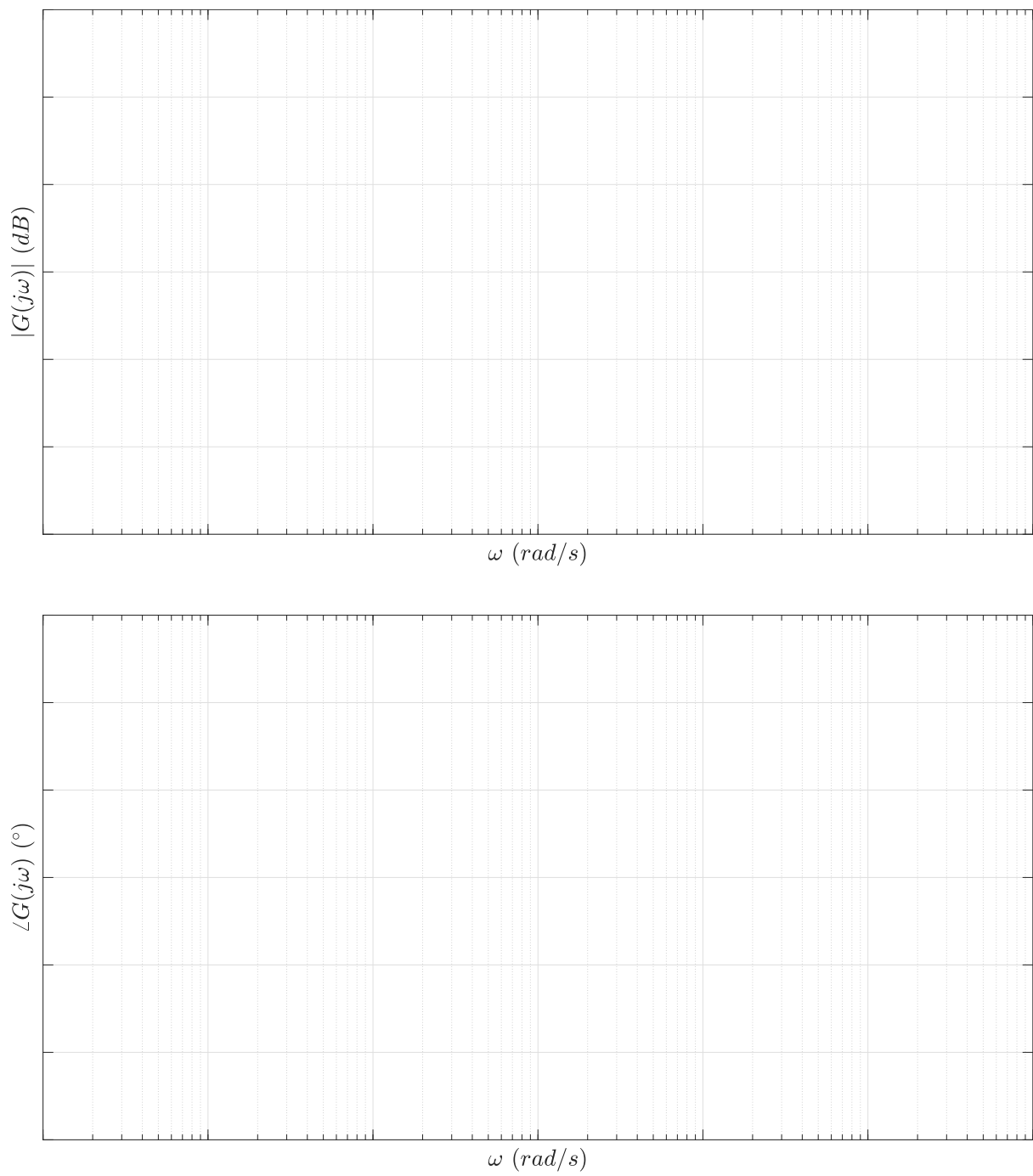


Figura 4: Grade monolog para facilitar traçado do diagrama de Bode da questão 2.