



EDITAL 02/2026 – PROVA ESCRITA

CAMPUS: Maracanã

Área de Conhecimento: Engenharia Eletrônica

Instruções: Esta prova contém 5 (cinco) questões distribuídas em 3 páginas. Não é permitido o uso de qualquer dispositivo eletrônico durante a realização desta prova. As soluções numéricas podem ser arredondadas para a primeira casa decimal.

Questão 1: Considere um robô móvel do tipo *differential drive*, modelado como um corpo rígido que se movimenta em um plano horizontal. A pose do robô no referencial global é dada por:

$$\mathbf{x} = [x \ y \ \phi]^T$$

onde (x, y) representa a posição do robô e ϕ sua orientação em relação ao eixo x global. A cinemática clássica desse robô é descrita por:

$$\dot{x} = v \cos \phi, \quad \dot{y} = v \sin \phi, \quad \dot{\phi} = \omega$$

com:

$$v = \frac{r}{2}(\omega_r + \omega_l), \quad \omega = \frac{r}{l}(\omega_r - \omega_l)$$

onde:

- r é o raio das rodas (assumido igual no modelo ideal),
- l é a distância entre as rodas,
- ω_r e ω_l são as velocidades angulares das rodas direita e esquerda, respectivamente.

Agora, considere uma situação mais realista em que existe uma assimetria entre as rodas, tal que:

$$r_r = (1 + \epsilon)r_l$$

onde r_r , é o raio da roda direita, r_l , é o raio da roda esquerda e ϵ representa um pequeno erro relativo ($|\epsilon| \ll 1$).

- Derive as expressões para a velocidade linear v e a velocidade angular ω do robô considerando a assimetria entre os raios das rodas.
- Mostre que, mesmo quando $\omega_r = \omega_l$, o robô não se desloca em linha reta. Determine a expressão da velocidade angular resultante nesse caso e interprete fisicamente o resultado.
- Explique por que o modelo cinemático do robô diferencial é considerado não-holonômico. Apresente a restrição cinemática associada e discuta seu significado físico.
- Discuta como erros sistemáticos na modelagem cinemática (como a assimetria entre rodas) podem impactar tarefas de navegação, localização e mapeamento em robótica móvel. Em sua resposta, estabeleça conexões claras entre o modelo cinemático e pelo menos duas dessas áreas.



Questão 2: Um sistema de foto-deteccção para pulsos ultra-rápidos ($FWHM \approx 10ns$) emprega um array com fotodiodos, sob incidência dos pulsos de luz. A excitação óptica gera, na saída do dispositivo, pulsos de corrente caracterizados pela rápida subida (devido ao efeito avalanche na junção PN, induzida por fótons incidentes no semiconductor) e lenta recuperação (associada à recarga do dispositivo), com assimetria temporal significativa.

Para que o sinal elétrico seja digitalizado, é necessário o adequado condicionamento do sinal no domínio analógico. É desejável que seja implementada, também no domínio analógico, solução capaz de mitigar os efeitos da lenta recuperação do sinal (tempo morto).

Com base nesse contexto, proponha um circuito para o adequado condicionamento do sinal, apresentando-o na forma de um diagrama em blocos. Explique a função de cada bloco proposto.

Questão 3: Um sistema foi modelado pelas seguintes equações de estado:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

em que

$$A = \begin{bmatrix} \gamma & 4 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

e γ é um parâmetro incerto tal que $-5 \leq \gamma \leq 15$.

Deseja-se estabilizar esse sistema por realimentação negativa de estado, isto é,

$$u = -Kx = -(k_1 \ k_2)x$$

Determine as faixas de valores de k_1 e k_2 de forma que o sistema em malha fechada seja **robusto em estabilidade** para todo o intervalo de γ .

Questão 4: Uma empresa de robótica precisa desenvolver um novo tipo de robô terrestre. Esse robô deve incorporar e executar seus movimentos de acordo com os principais paradigmas de raciocínio utilizados na robótica. Responda, usando no mínimo 15 e no máximo 25 linhas:

- Qual é a descrição de como cada um desses paradigmas funciona?
- Como cada um utiliza as primitivas funcionais e comportamentais de SENSE, PLAN e ACT?
- Quais são as vantagens e desvantagens de cada um desses paradigmas de robótica?

Nº



Questão 5: Considere o seguinte trecho de código em VHDL, destinado à implementação de um bloco sequencial em um sistema embarcado digital:

```
process (clk, rst)
begin
    if rst = '1' then
        count <= (others => '0');
    elsif rising_edge(clk) then
        if enable = '1' then
            count <= count + 1;
        end if;
    end if;
end process;
```

Responda de forma clara e objetiva:

- Explique o funcionamento do bloco descrito, destacando o papel dos sinais `clk`, `rst` e `enable`.
- Explique quais são os prováveis tipos para `clk`, `rst`, `enable` e `count` e justifique sua resposta com base na descrição em VHDL.
- Comente a relevância desse tipo de bloco para o projeto de **sistemas embarcados digitais**, especialmente em aplicações que exigem sincronismo e previsibilidade temporal.