Sinais e Sistemas Mecatrónicos

TÉCNICO LISBOA

LEMec / LEAN. Professor responsável: Carlos Cardeira

Exame Extraordinário, 2.º Semestre 2025/2026 (2 horas, 20 perguntas, 1 valor cada)

9 de setembro de 2026 **Versão 017**

Nome completo: _____

Número: ☐☐☐☐☐☐

Instruções

- **Identifique todas as folhas** (incluindo esta) com o seu número e nome nos campos assinalados.
- Pode **desagrafar** e entregar as folhas soltas. Faça-o com cuidado, para não rasgar as folhas nem dificultar a leitura pelo scanner automático.
- Prova sem consulta, exceto um máximo de seis páginas A4 (incluindo o formulário) que traga já preenchidas com o que achar necessário, **exceto exercícios ou exames resolvidos**.
- Escreva **a caneta** (azul ou preta).
- Só é permitido o uso de calculadoras com as **funções básicas de uma calculadora científica** (não são permitidas calculadoras programáveis, gráficas, nem com acesso a internet ou IA).
- **Cada pergunta vale 1 valor**; a cotação de cada grupo é igual ao seu número de perguntas.
- **Respostas numéricas:** escreva cada valor em **notação científica** nas células, com sinal, um algarismo, ponto, duas casas decimais e, à direita de $\times 10$, o expoente (sinal e algarismo). Exemplos: $810 = +8{,}10 \times 10^{+2}$; $0{,}0195 = +1{,}95 \times 10^{-2}$; $45 = +4{,}50 \times 10^{+1}$.
- Para **emendar uma resposta numérica**, risque as células com o valor errado e escreva o valor corrigido, em notação científica, ao lado; as emendas são conferidas à mão.
- **Escolha múltipla:** preencha por completo o círculo da opção correta. Para emendar, risque o círculo errado com um X e preencha o correto, valendo o círculo preenchido que não está riscado.
- Use bem o **rascunho**. **Só é avaliado o que está dentro do retângulo de resolução e nas células ou círculos**; o que escrever fora não conta. Passe para a folha as respostas numéricas e os círculos preenchidos, e escreva a resolução no retângulo de forma sintética, como no exame resolvido.
- As perguntas são **independentes**: cada uma resolve-se apenas com os dados do próprio enunciado, mesmo que não tenha resolvido a anterior.
- O docente só deve ser chamado quando o **enunciado** suscitar dúvida; havendo ambiguidade ou gralha, fará uma comunicação a toda a sala. Não são autorizadas perguntas como: «não me lembro desta fórmula, é mais ou menos assim?»; «como é que isto se resolve? assim está certo?»; «justifiquei assim, chega ou tenho de escrever mais?».

Cotações

Grupo	1	2	3	4	5	Total
Perguntas	4	4	4	4	4	20
Valores	4	4	4	4	4	20

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Grupo 1. Sinais, sistemas e resposta no tempo (4 valores)

Q1.1. A resposta impulsional de um sistema é $h(t) = 4\,e^{-5t} - 1\,e^{-12t}$, com t em segundos e $t \geq 0$. Determine o valor para o qual tende a resposta desse sistema a um degrau unitário e o número de zeros da sua função de transferência.

Resposta final:

valor final = $\square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$

n.º de zeros = $\square$

Q1.2. Um sistema tem função de transferência $G(s) = \dfrac{3\,(1 - 1{,}5s)}{s + 2}$, com s em rad/s. Aplica-se um degrau unitário na entrada. Determine o valor da saída imediatamente após a aplicação do degrau, $y(0^+)$, e o instante em que a saída passa por zero.

Resposta final:

$y(0^+) = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$

$t = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$ s

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q1.3. Um sistema tem função de transferência $G(s) = \dfrac{3{,}0}{1 + 0{,}10\,s}$, com s em rad/s. À entrada aplica-se o sinal de um gerador que vale 2,5 V entre $t = 0$ e $t = 0{,}20$ s e é nulo fora desse intervalo. Determine o valor máximo da saída e o instante, contado desde $t = 0$, em que, na descida, a saída atinge novamente 1,5 V.

Resposta final:

$y_{\max} = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$ V

$t = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$ s

Q1.4, escolha múltipla. Considere quatro situações: (i) uma alavanca, cuja saída é proporcional à entrada no mesmo instante; (ii) um avião cuja massa diminui à medida que queima combustível; (iii) uma torneira ligada a uma saída distante, em que o caudal na saída é o da torneira Δ segundos antes; (iv) a velocidade do vento num dado local. É correto afirmar:

◯ (A) (ii) e (iv) são do mesmo tipo, ambos variantes no tempo, e (i) e (iii) são estáticos.

◯ (B) (i) é estático e linear; (ii) é variante no tempo; (iii) é dinâmico; (iv) é estocástico.

◯ (C) (i) é dinâmico, pois a saída depende da entrada; (ii) é invariante; (iii) é estático; (iv) é determinístico.

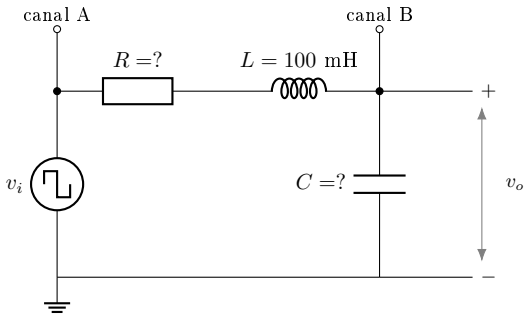
◯ (D) Os quatro são lineares e invariantes no tempo, e descrevem-se todos por uma função de transferência.

◯ (E) Nenhuma das anteriores.

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Grupo 2. Do ensaio ao modelo (4 valores)

Q2.1. O circuito da figura é o circuito RLC série do laboratório, alimentado por uma onda quadrada que funciona como degrau repetido, com a bobina de 100 mH e a tensão de saída medida aos terminais do condensador. No ecrã do osciloscópio, essa tensão oscila em torno do valor final com período $T = 0{,}98$ ms, e a envolvente dessas oscilações reduz-se a metade do seu valor inicial ao fim de $0{,}58$ ms. Determine a capacidade C do condensador e a resistência total R do circuito.



Resposta final:

$C = \pm\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ F

$R = \pm\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ Ω

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

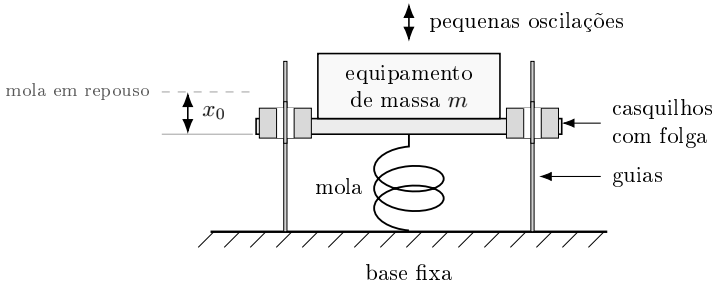
Q2.2. **Ensaiou-se um filtro passa-baixo de 1.º ordem, de ganho unitário às baixas frequências. A 250 Hz observou-se que a saída está atrasada 40,0° em relação à entrada. Determine a frequência de corte do filtro e o atraso temporal correspondente a esse desfasamento, à frequência de 250 Hz.**

Resposta final:

$f_c = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ Hz

$\Delta t = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ s

Q2.3. **Um equipamento assenta numa mola não linear, cuja força obedece a $F = k_1\,x + k_3\,x^3$, com $k_1 = 3{,}00 \times 10^4$ N/m e $k_3 = 1{,}00 \times 10^6$ N/m^3, sendo x a compressão em metros. Em repouso o equipamento, de massa 408 kg, comprime a mola $x_0 = 0{,}100$ m, como mostra a figura. Determine a rigidez que a mola apresenta às pequenas variações em torno desse ponto e a frequência das pequenas oscilações verticais do equipamento.**



Resposta final:

$k_{eq} = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ N/m

$\omega_n = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ rad/s

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q2.4, escolha múltipla. Uma função de transferência $G(s) = N(s)/D(s)$, com $N(s)$ e $D(s)$ sem fatores comuns, tem o numerador de grau 2 e o denominador de grau 3. É correto afirmar:

◯ (A) É estritamente própria, com dois polos e três zeros.

◯ (B) É estritamente própria, tem ordem 3, três polos e dois zeros.

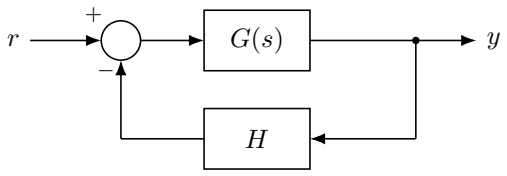
◯ (C) É estritamente própria e tem ordem 5, soma dos graus de N e de D.

◯ (D) É própria mas não estritamente própria, com três polos e dois zeros.

◯ (E) Nenhuma das anteriores.

Grupo 3. Malha fechada e estabilidade (4 valores)

Q3.1. Um sistema tem no ramo direto $G(s) = \dfrac{20}{s+5}$ e fecha-se em malha com um bloco de retorno de ganho constante H, que entra com sinal negativo no somador, como mostra a figura. Pretende-se que, para uma entrada em degrau, a saída estabilize em 1,50 vezes o valor da entrada. Determine o ganho H do bloco de retorno e a constante de tempo da malha fechada.



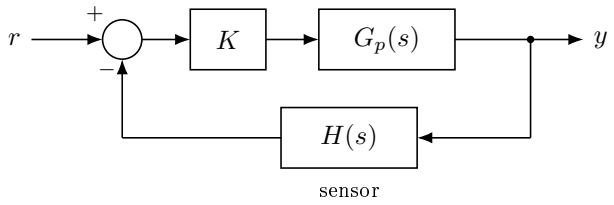
Resposta final:

$H = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$

$\tau = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$ s

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q3.2. **Uma malha de posição tem no ramo direto o ganho $K = 80$ seguido da planta $G_p(s) = \dfrac{40}{s\,(s+40)}$, e realimenta a posição medida por um sensor que não é instantâneo: comporta-se como um sistema de 1.º ordem de ganho unitário e constante de tempo τ, ou seja $H(s) = \dfrac{1}{1+\tau s}$. A malha é a da figura. Determine o valor de τ acima do qual a malha se torna instável.**

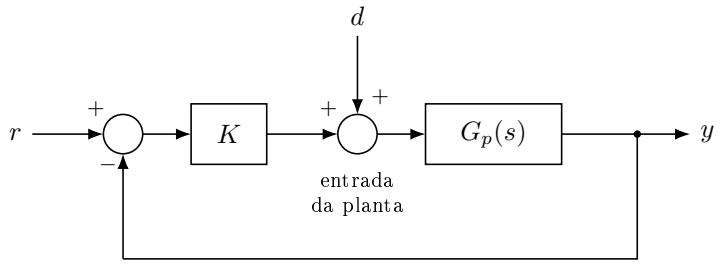


Resposta final:

$\tau =$ ± □□.□□ $\times 10^{\pm\,\square\square}$ s

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q3.3. Numa malha de posição com ganho proporcional $K = 50$ no ramo direto, planta $G_p(s) = \dfrac{25}{s\,(s+50)}$ e realimentação unitária com sensor ideal, a referência é mantida a zero. À entrada da planta, depois do ganho, soma-se uma perturbação constante de valor 2,00, com o sinal indicado na figura. Determine o valor da saída em regime permanente.

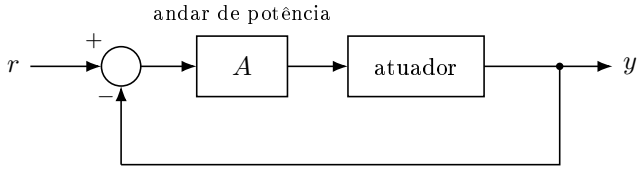


Resposta final:

$y_\infty = \overset{\pm}{\square}\square.\square\square \times 10^{\overset{\pm}{\square}\square}$

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q3.4. O andar de potência de uma malha tem ganho nominal $A = 30$, mas o fabricante só o garante com uma tolerância de $-30\,\%$, isto é, com o aquecimento pode descer até 21. O andar está no ramo direto, seguido do atuador, de função de transferência $\dfrac{1}{1+0{,}20\,s}$, e a malha é fechada com realimentação unitária, como mostra a figura. À entrada aplica-se um degrau. Determine de quanto desce, em percentagem do valor nominal, o valor da saída em regime permanente quando o ganho do andar cai de 30 para 21, e o ganho nominal mínimo para que essa descida não exceda $0{,}40\,\%$, com a mesma tolerância de $-30\,\%$. Nas duas alíneas, calcule exatamente, sem aproximação de pequenas variações.



Resposta final:

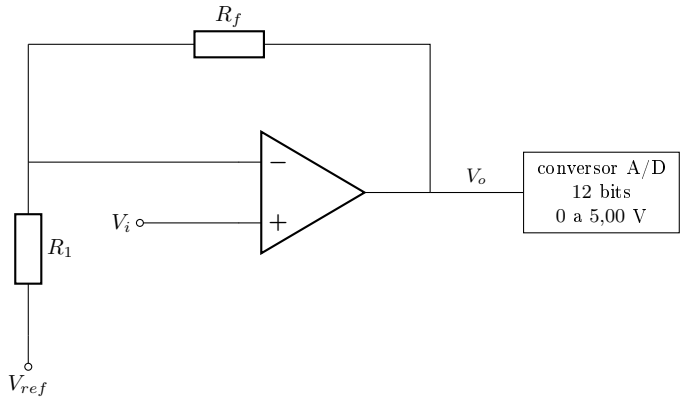
descida = $\square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$ %

$A_{\min} = \square\square.\square\square \times 10^{\square\square}$

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Grupo 4. Cadeia de medida: condicionamento, filtragem e calibração (4 valores)

Q4.1. Um andar de condicionamento já montado, o da figura, usa um amplificador operacional em montagem não inversora com deslocamento de nível: o sinal entra na entrada não inversora e a resistência R_1 liga a entrada inversora a uma tensão de referência V_{ref}, em vez de à massa. Os componentes são $R_f = 18$ kΩ, $R_1 = 10$ kΩ e $V_{ref} = 0{,}400$ V. A jusante está um conversor A/D de 12 bits cuja gama de entrada vai de 0 a 5,00 V. Determine a gama de tensões V_i que leva o conversor do código zero ao final de escala.



Resposta final:

$V_{i,\min} = \pm\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ V

$V_{i,\max} = \pm\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ V

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q4.2. **O sinal de um sensor está contaminado pela interferência da rede a 50 Hz. Interpõe-se um filtro RC passa-baixo de 1.º ordem, com um condensador de 33 nF, e exige-se que a interferência fique pelo menos 18,0 dB abaixo do que estava. Da série E12 (10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82 e os seus múltiplos de dez), determine o menor valor de resistência que cumpre esse requisito e a atenuação que, com essa resistência, o filtro dá de facto aos 50 Hz, expressa em dB como valor positivo.**

Resposta final:

$R = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}\ \Omega$

atenuação $= \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ dB

Q4.3. **Uma cadeia de medida de pressão termina num conversor A/D de 10 bits com tensão de referência 2,048 V. Na calibração, com o depósito à pressão atmosférica (0 bar relativos) o conversor deu a leitura 150; com o depósito a 100,0 bar deu a leitura 850. A cadeia é linear entre esses dois pontos. Determine a sensibilidade da cadeia, em mV/bar, e a pressão a que corresponde uma leitura de 325.**

Resposta final:

sensibilidade $= \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ mV/bar

$p = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ bar

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q4.4, escolha múltipla. Numa cadeia de medida, é correto afirmar:

◯ (A) A resolução de um conversor de n bits e gama $V_{\min}$ a $V_{\max}$ é $(V_{\max} - V_{\min})/2^n$; a precisão da cadeia pode ser majorada somando as contribuições dos componentes, e não compensa afiná-la além dela.

◯ (B) Resolução e precisão são a mesma coisa: aumentar o número de bits do conversor torna sempre a medida mais exata, qualquer que seja o sensor e qualquer que seja o condicionamento a montante dele.

◯ (C) Calibrar é aumentar o ganho do condicionador até a saída ocupar toda a gama do conversor, e é isso, e não o sensor, que fixa a exatidão com que a cadeia mede a grandeza física à entrada.

◯ (D) A sensibilidade de um sensor é o menor valor da grandeza que ele consegue distinguir, e obtém-se dividindo a gama de medida pelo número de níveis do conversor colocado a jusante dele.

◯ (E) Nenhuma das anteriores.

Grupo 5. Qualidade da medida, sensores e atuadores (4 valores)

Q5.1. Um sensor de posição entrega uma tensão proporcional ao deslocamento e tem uma impedância de saída de 56 kΩ. Liga-se a sua saída diretamente à entrada de um sistema de aquisição, cuja impedância de entrada é de 820 kΩ. Determine a percentagem do valor verdadeiro que o sistema de aquisição lê e a impedância de saída máxima que o sensor poderia ter para que essa leitura fosse de pelo menos 99,5 % do valor verdadeiro.

Resposta final:

leitura = $\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ %

$R_{s,\max}$ = $\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ Ω

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q5.2. **Para medir uma pressão que ronda os 10,0 bar existem dois manómetros na oficina, ambos de gama 0 a 160 bar. O manómetro A tem uma precisão de 1 % do final de escala; o manómetro B tem uma precisão de 2,5 % da leitura. Determine o erro relativo, em percentagem da leitura, com que o manómetro A mede os 10,0 bar, e a pressão acima da qual o manómetro A passa a ser o mais rigoroso dos dois.**

Resposta final:

erro relativo de A = $\square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ %

$p = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ bar

Q5.3. **Um motor de corrente contínua de íman permanente obedece a $V = R\,i + L\,\mathrm{d}i/\mathrm{d}t + K_e\,\omega$ e a $J\,\mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t = K_t\,i - B\,\omega - T_L$. Os seus valores são $R = 3{,}00\ \Omega$, $L = 5{,}00$ mH, $K_t = K_e = 5{,}00 \times 10^{-2}$ em unidades SI, $J = 2{,}00 \times 10^{-3}$ kg m^2 e $B = 1{,}00 \times 10^{-4}$ N m s/rad. Aplica-se uma tensão constante de 18,0 V e acopla-se ao veio uma carga que exige um binário constante de 0,150 N m. Determine a velocidade angular e a corrente em regime permanente.**

Resposta final:

$\omega = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ rad/s

$i = \square\square.\square\square \times 10^{\pm\square\square}$ A

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)

Q5.4, escolha múltipla. Sobre sensores de proximidade, é correto afirmar:

◯ (A) O sensor indutivo deteta alvos metálicos, com menor alcance para alumínio ou cobre do que para aço; o capacitivo deteta também alvos não metálicos.

◯ (B) O sensor capacitivo só funciona com alvos metálicos, porque precisa de fechar o circuito elétrico através do alvo que quer detetar.

◯ (C) O sensor indutivo deteta qualquer material com o mesmo alcance, porque o campo magnético que ele cria não distingue uns materiais dos outros.

◯ (D) O sensor ultra-sónico mede a distância pela amplitude da onda refletida e é, de toda a família dos sensores de proximidade, o que tem menor alcance.

◯ (E) Nenhuma das anteriores.

margem de sacrifício (agrafar; será cortada)