

Nome: \_\_\_\_\_

Matrícula: \_\_\_\_\_

**Instruções:**

- Tempo máximo de duração: 3 horas.
- Explique o desenvolvimento das questões. Resultados sem explicações e sem desenvolvimentos não serão aceitos;
- Não use aproximações, exceto quando explicitamente indicado;
- É permitido o uso de máquina calculadora assim como a consulta a material de apoio (livros, notas de aula, etc.);
- Quando forem solicitados resultados analíticos (*i.e.*, fórmulas literais), estes devem ser desenvolvidos envolvendo as variáveis de interesse e os parâmetros do modelo. Outras variáveis dependentes não devem estar presentes nas fórmulas.

**Principais fórmulas:** Considere os AMPOPS como ideais, exceto que a saída satura nas tensões  $V_L^+$  (positiva) e  $V_L^-$  (negativa). Os diodos apresentam queda de tensão constante de  $0,7V$  quando polarizados diretamente. Para fórmulas específicas, vide quesitos.

**Questões:**

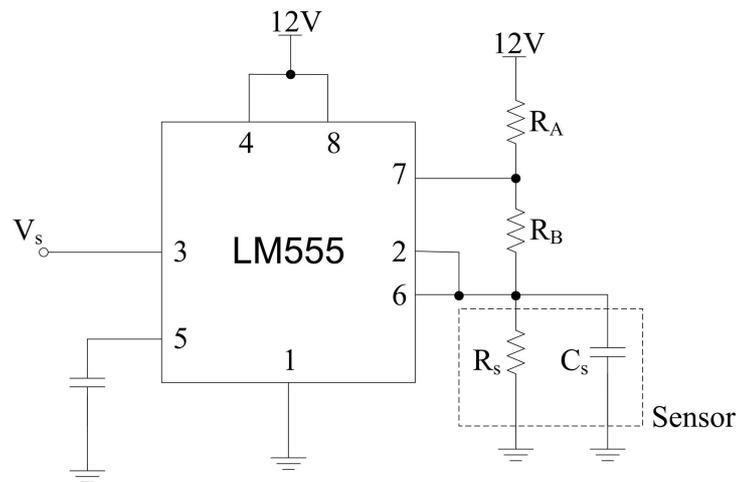


Figura 1: Circuito do quesito 1.

1. Considere um sensor capacitivo real, que, além da capacitância  $C_s$ , possui uma resistência interna finita  $R_s$ . A medição da capacitância  $C_s$  pode ser feita de forma indireta usando um oscilador astável com o LM555, conforme a configuração da Figura 1. Neste circuito, o período do sinal  $V_s$  dependerá das resistências  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_s$  e da capacitância  $C_s$ .
  - (a) Determine a condição que relaciona  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_s$  de forma que o circuito apresente oscilação auto-sustentada. **(pontos: 1,0)**;
  - (b) Analise o circuito e determine a fórmula do período  $T$  da oscilação em  $V_s$ . **(pontos: 2,0)**.

2. Considere um resistor dependente de temperatura (RDT), cuja resistência  $R_T$  varia conforme a relação

$$R_T = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2)$$

com  $T$  sendo a temperatura em graus centígrados,  $R_0 = 100\Omega$ ,  $\alpha = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $\beta = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ . Responda:

- (a) Determine a sensibilidade  $K$  e o deslocamento  $a$  para o intervalo de temperatura de  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $200 \text{ } ^\circ\text{C}$  (**pontos: 1,0**);
  - (b) Determine a não-linearidade  $N(T)$  do sensor para o intervalo de temperatura de  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $200 \text{ } ^\circ\text{C}$  (**pontos: 1,0**).
  - (c) Sendo  $\sigma_\alpha^2 = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$  e  $\sigma_\beta^2 = 0,64 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}$  as variâncias associadas aos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , calcule a variância  $\sigma_{R_T}^2$  de  $R_T$  para a temperatura  $T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$  (**pontos: 0,6**). Usando o desvio padrão  $\sigma_{R_T}$ , este sensor poderia ser usado para medir a temperatura  $T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$  com precisão inferior a de  $\pm 0,025 \text{ } ^\circ\text{C}$ ? Sugestão: dispondo de  $\sigma_{R_T}$ , a precisão do sensor pode ser aproximada por  $\pm 3\sigma_{R_T}$ . (**pontos: 0,4**)
3. Projete um circuito modulador PWM completo, envolvendo um oscilador triangular, um comparador e um circuito de condicionamento do sinal modulante. O circuito deve ter as seguintes características:
- (a) Como o sinal modulante deve estar na faixa  $\pm 10V$ , o ciclo de trabalho do sinal PWM deve variar linearmente de 0% a 100%, valores estes correspondentes às tensões  $-10V$  e  $+10V$  do sinal modulante, respectivamente (**pontos: 1,5**).
  - (b) O gerador de onda triangular deve operar a uma frequência de  $50kHz$ , tensão média nula e valor pico-a-pico de  $5V$ . A corrente máxima que um amplificador operacional deve fornecer/receber em sua saída é de  $30mA$ . Especificar o mínimo slew-rate em  $V/\mu s$  que deve ser usado como parâmetro para escolha do amplificador operacional (**pontos: 2,5**).

Para este projeto, utilize uma fonte de alimentação simétrica de  $\pm 12V$ . Considerar os amplificadores operacionais com função de transferência de ordem zero com ganho infinito, mas com tensão de saída limitada a  $\pm 10V$  (limites de saturação) quando alimentados com  $\pm 12V$ .

BOA PROVA!