



Electrónica e Instrumentação

Engenharia Mecânica – 4º ano

Caderno de Exercícios

2002 / 03



Introdução

O presente Caderno de Problemas destina-se a apoiar as aulas da disciplina de Electrónica e Instrumentação da Licenciatura em Engenharia Mecânica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança.

Agradece-se ao Eng.º Henrique Gonçalves a cedência deste caderno de exercícios.

Filipe Moreira



1 Índice

1	ÍNDICE	3
2	AMPLIFICADORES OPERACIONAIS	4
3	DÍODOS	4
4	TRANSÍSTORES BIPOLARES DE JUNÇÃO	7
5	SENSORES E CONDICIONAMENTO DE SINAL	8



2 Amplificadores operacionais

1. Assumindo os Ampop's ideais determine o valor do ganho em malha fechada v_o/v_i para cada um dos circuitos da figura 1, com $R_1=10k\Omega$ e $R_2=100k\Omega$:

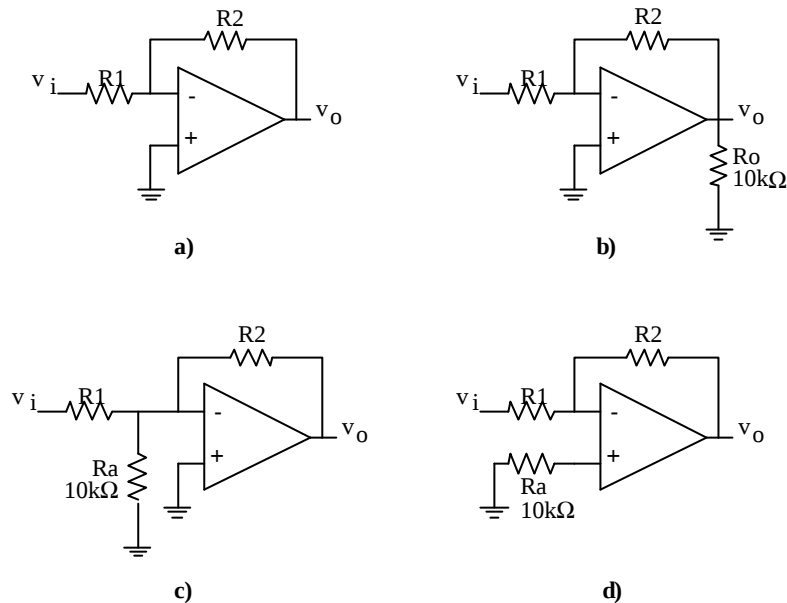


Figura 1 – Amplificadores Operacionais em configuração inversora.

2. Considere o circuito da figura 2:

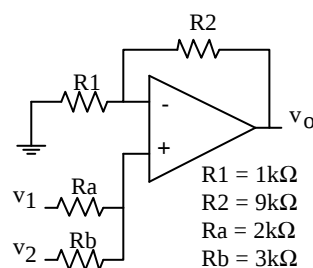


Figura 2 – Amplificador Somador.

- 2.1. Determine a equação da tensão de saída v_o ;
- 2.2. Admitindo que a resistência R_1 é ligada a uma terceira tensão v_3 determine a nova equação da tensão de saída v_o .



3. Projecte um circuito somador inversor com 2 entradas v_1 e v_2 . Pretende-se que $v_o = -(v_1 + 5v_2)$. Dimensione todas as resistências para que à máxima tensão de saída, de 10V, a corrente na resistência de realimentação não exceda 1mA.

4. Considere o circuito da figura 3:

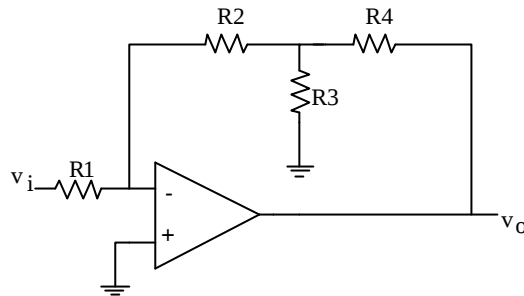


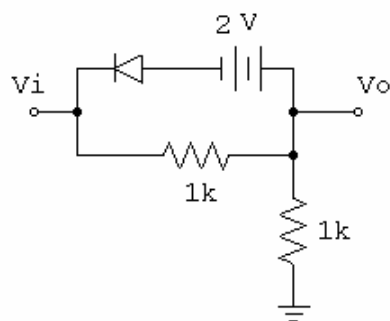
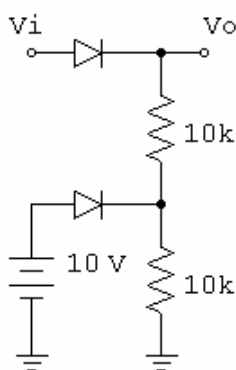
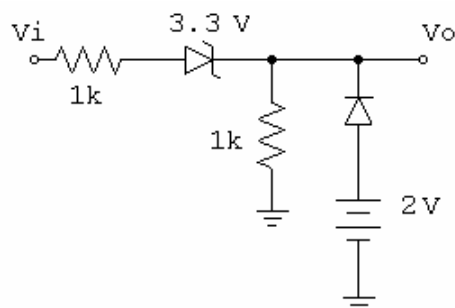
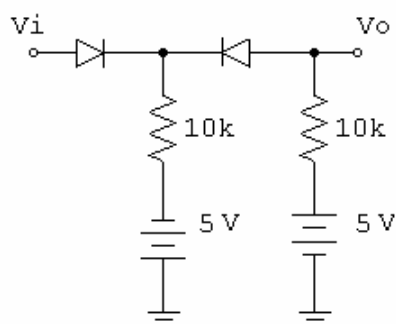
Figura 3 – Amplificador Operacional em configuração inversora.

- 4.1. Determine a equação de v_o ;
- 4.2. Dimensione o circuito para obter um ganho de 100 V/V e uma resistência de entrada R_i de 1M Ω . Assuma que por razões práticas de nenhuma das resistências deve ter um valor superior a 1M Ω ;
- 4.3. Compare os resultados obtidos na alínea anterior com os que obteria numa configuração inversora simples.



3 Díodos

Considere os seguintes circuitos:



1. Determine e esboce a característica $V_o = f(V_i)$, indicando, em cada intervalo, o estado de condução dos díodos, para os seguintes casos:

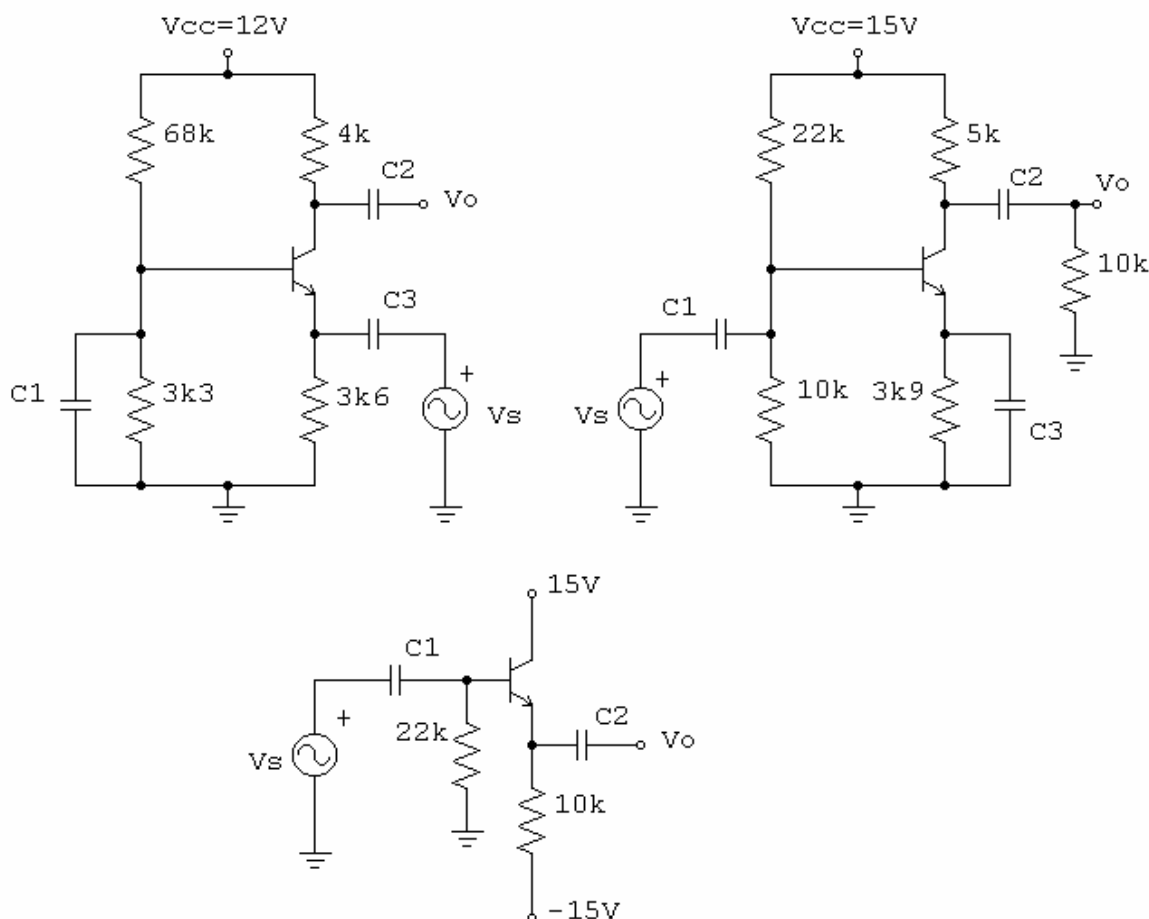
- 1.1. Considerando os díodos ideais;
- 1.2. Considerando que os díodos usados possuem uma tensão limiar, V_D , de 0.7V.

2. Haverá lugar a grandes alterações nas características traçadas em 1.1 e 1.2 se considerarmos que a resistência de condução directa dos díodos, r_d , é finita?



4 Transístores bipolares de junção

Considere os circuitos seguintes:



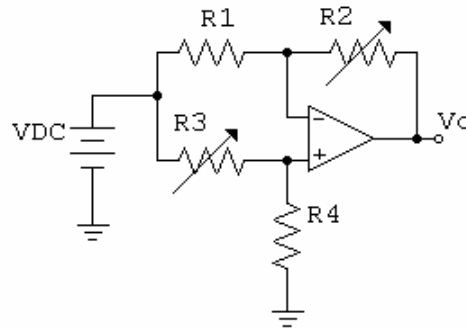
1. Admita que $\beta=150$, que $V_{beon}=0.7V$ ($g_m=I_c/V_T$, $r_p=\beta/g_m$), com $V_T = 25mV$. Para sinais considere que $\omega C \gg 8$. Nestas condições determine:

- 1.1. Os valores de corrente de coletor, de base e de emissor em DC ($\omega C=0$);
- 1.2. Os valores de V_C, V_E e V_B em DC;
- 1.3. Os valores do ganho V_o/V_s para pequenos sinais.
- 1.4. Os valores de R_i e R_o para pequenos sinais (R_i é determinado como o valor V_s/I_s sendo I_s a corrente que V_s fornece. R_o é determinado como V_o/I_o sendo I_o a corrente que V_o fornece).



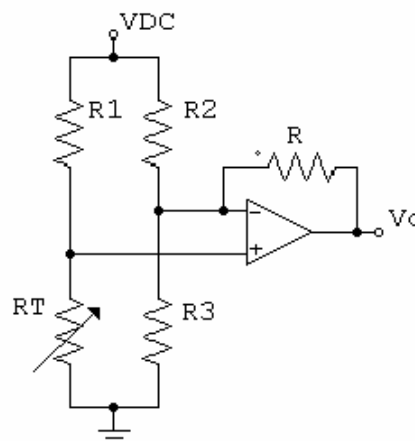
5 Sensores e condicionamento de sinal

1. Considere o circuito de condicionamento da figura seguinte.



- 1.1. Admita que o amplificador operacional é ideal. Nessas condições determine a relação entre a saída, V_o , e o parâmetro a medir, x . As resistências de medida, R_2 e R_3 , variam, com x , do seguinte modo: $R_3 = R_2 = R_o(1+x)$.
- 1.2. Em que condições a saída, V_o , é directamente proporcional ao parâmetro a medir, x ?
- 1.3. Calcule o erro de medida devido aos erros do Ampop (desvios de tensão e corrente finitos e ganho não infinito).

2. O circuito da figura seguinte é utilizado para a medida de temperatura numa gama de 0 a 40°C. A saída varia entre 0 e 12V. O sensor utilizado é um termistor PTC com $\alpha = 0.75\%/^{\circ}\text{K}$ e 2000Ω a 25°C. A corrente máxima admissível no sensor é de 1mA.

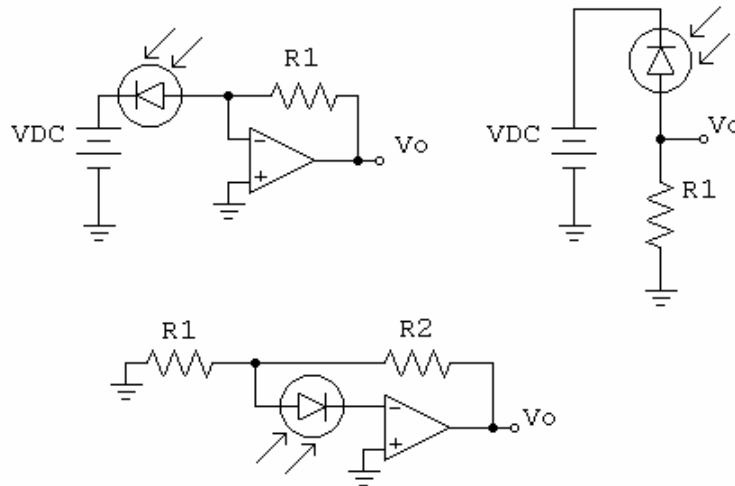


- 2.1. Determine a relação entre a tensão de saída, V_o , e a variação de resistência do termistor, R_T .
- 2.2. Dimensione os componentes para que a saída varie entre 0 e 12V.



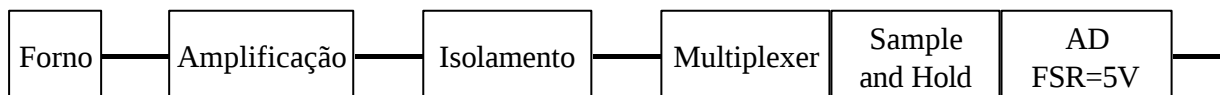
2.3. Determine a sensibilidade do circuito em relação a R_1 , R_2 , R_3 , R_4 e V_{dc} .

3. Considere as figuras que representam métodos para medida da corrente de um fotodíodo.

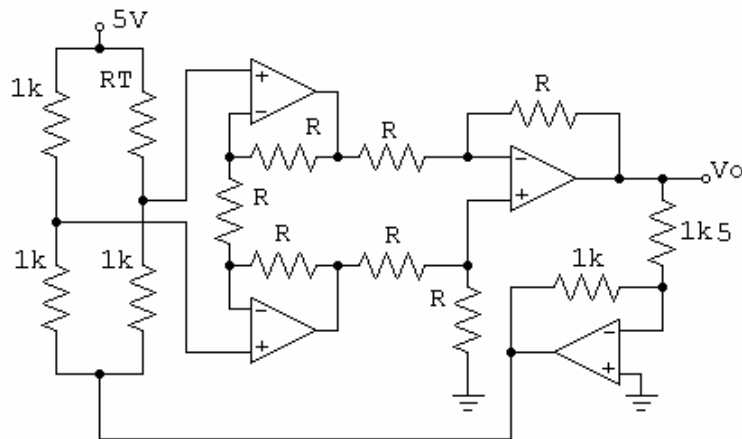


- 3.1. Quais as aplicações possíveis para o transdutor (fotodíodo) apresentado.
- 3.2. Determine a expressão para a tensão de saída, V_o , como função da corrente do fotodíodo, I_r .
- 3.3. Determine a tensão inversa aplicada ao fotodíodo, em cada uma das montagens, e comente as características dinâmicas associadas.

4. A figura seguinte representa o diagrama de blocos da parte de medida tratamento e aquisição da temperatura, de um sistema de fusão, baseado em computador (1 em 16 eléctrodos). A temperatura a controlar situa-se entre os 300 e os 1000 K.



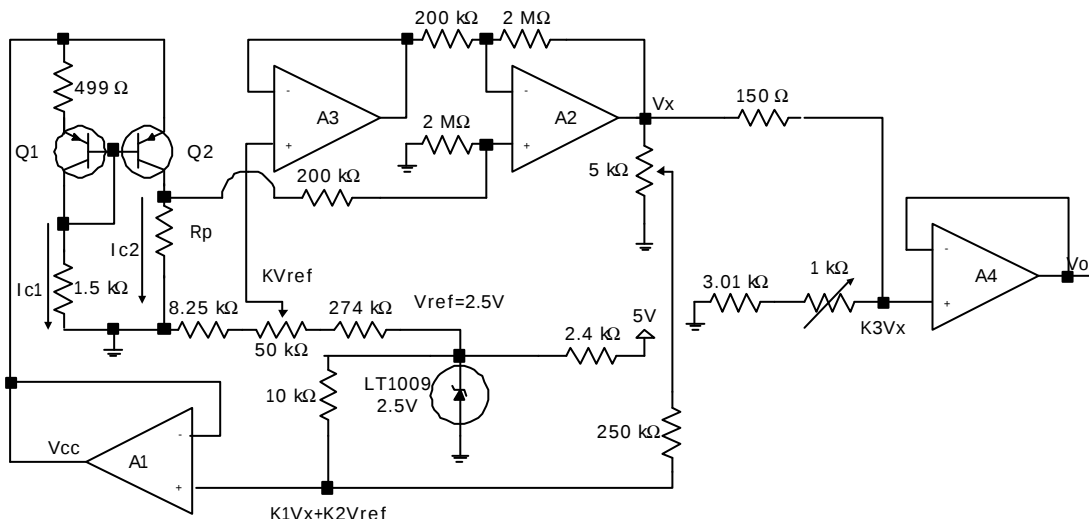
- 4.1. Sabendo que o transdutor de temperatura utilizado (KYT 184 da Philips) tem uma função de transferência dada por $R_T = 1000 * [1 + 7.5 * \exp(-3(T-300))]$, com T em Kelvin, determine a expressão da tensão de saída, V_o , do bloco de Amplificação, representado na figura seguinte.



4.2. Sabendo que o bloco designado de Isolamento é realizado com um amplificador de isolamento ISO100 projecte as ligações de modo a que o sinal seja convenientemente amplificado. Justifique todos os valores dos componentes que dimensionar.

5. Considere a figura seguinte que representa um sistema de condicionamento de sinal associado a um sensor de temperatura resistivo tipo PT100 (1000 a 0°C).

- 5.1. Identifique as funções dos blocos A1, A2, A3, A4, Q1, Q2 e LT1009.
- 5.2. Determine a gama de variação de K, K1 e K2.
- 5.3. Calcule o valor da tensão de saída, V_o , como uma função da resistência do sensor, R_p , da tensão de referência, V_{ref} , e da corrente no colector de Q2, I_{c2} . Considere os transístores Q1 e Q2 idênticos. Para os mesmos: $h_{fe}=100$, $V_{EB1}=0.7V$, $I_{c1}=a \cdot I_{es} \cdot \exp(V_{EB1}/V_T)$, $I_{c2}=a \cdot I_{es} \cdot \exp(V_{EB2}/V_T)$, $V_{EB1}-V_{EB2}=V_T \ln(I_{c1}/I_{c2})$



6. Admita que pretende isolar o sinal obtido com o circuito anterior usando um amplificador ISO 100, esquematicamente representado na figura seguinte, e para o qual sabemos que:

- 6.1. $V_{osi}=V_{oso} = \pm 200\mu V$, $I_{ref1}=I_{ref2}=12.5\mu A$, $I_{os}=35nA$, $A_e=2\%$, $20nA < I_{d1} < 20\mu A$.



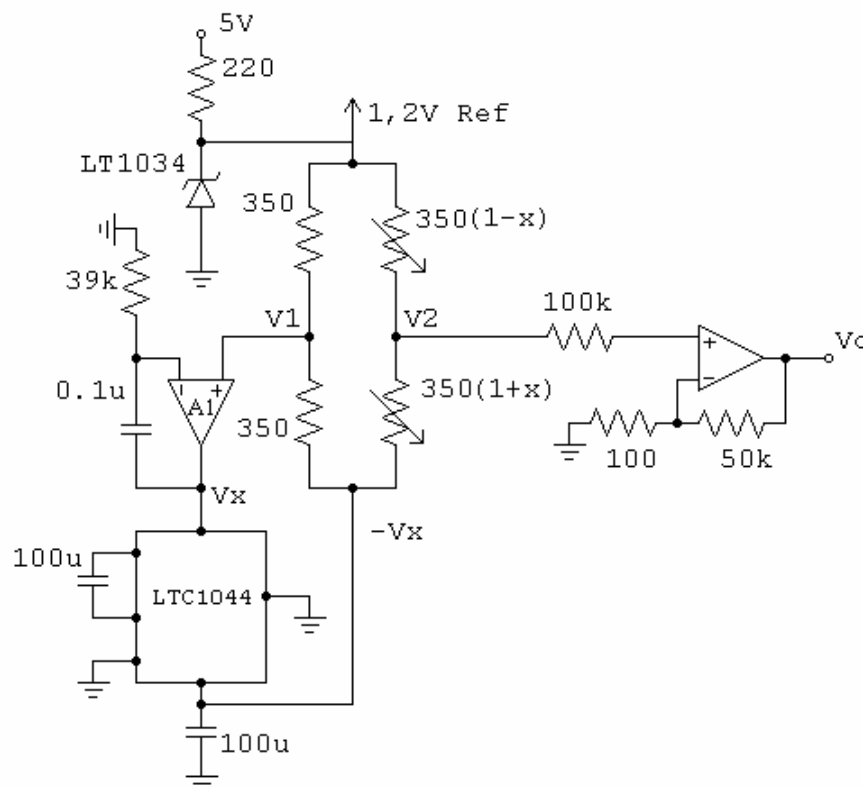
6.2. Admitindo que o ISO100 é ideal projecte as ligações de modo a que o ganho obtido seja unitário. Justifique todos os valores dos componentes que dimensionar.

6.3. Sabendo que a relação entre as correntes I_{d1} e I_{d2} é dada por $I_{d1} = (1 + A_e) \cdot P_{d2}$ determine o erro máximo provocado pelo erro de ganho e pelos desvios de corrente e tensão, I_{os} e V_{os} .

7. Considere o diagrama de blocos da parte de medida, tratamento e aquisição da pressão, de um sistema SOL (Safe Operating Load), associado a uma grua, representado na figura seguinte. A pressão a controlar situa-se entre os 0 e os 250 psi.



A figura abaixo representa a parte de condicionamento do sinal de pressão.



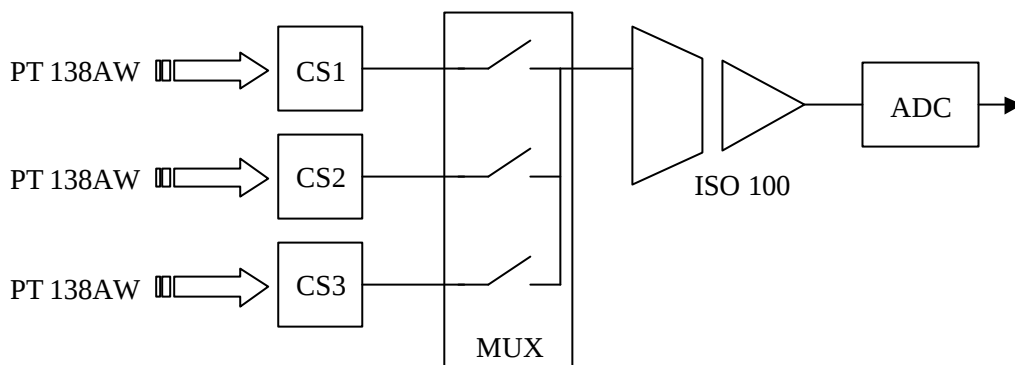
7.1. Determine a expressão da tensão da sua saída, V_o , sabendo que o CI LTC1044 é um conversor de tensão positivo para negativo, isto é, a sua saída é o simétrico da sua entrada e que o CI LT1034 é uma referência de precisão de 1.2V. Para os transdutores usados $x = KP$ com $K = 16633 \cdot 10^{-9} \text{ psi}^{-1}$.

Sugestão: Comece por provar que, em regime estático, o valor de V_1 é virtualmente zero.

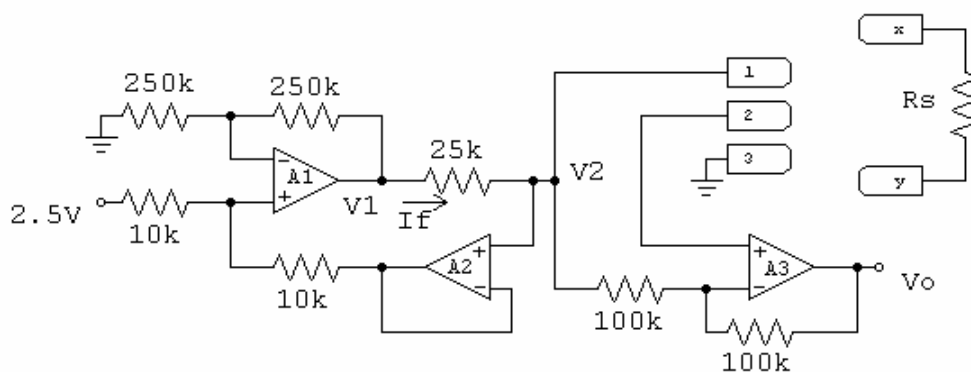


- 7.2. Diga qual o interesse em usar o bloco constituído pelo amplificador A1 e pelo CI LTC1044.
- 7.3. Diga qual o interesse de se fornecer para os andares seguintes o valor da tensão de referência. Qual o interesse de usar uma referência com este valor de tensão?
- 7.4. Sabendo que o bloco de isolamento é realizado com um amplificador ISO100 projecte as ligações de modo a que o sinal seja convenientemente amplificado. Justifique todos os valores dos componentes que dimensionar.

8. Considere o sistema de aquisição de 3 sinais de medida de temperatura, representado no diagrama de blocos da figura seguinte.



O esquema de condicionamento e medida de sinal (CS1, 2, 3) é o representado na figura abaixo:



- 8.1. Prove que o circuito associado a A1 e A2 constitui uma fonte de corrente, I_f e determine o seu valor.
- 8.2. Sabendo que a distância entre o circuito de condicionamento e o sensor é de cerca de 300 metros, projecte as ligações entre os pontos 1, 2, 3, do circuito de condicionamento e medida, e os pontos X e Y, de ligação ao sensor. Justifique a escolha da topologia que utilizar.



- 8.3. Calcule o valor da tensão de saída, V_o , como função da corrente, I_s , que passa no sensor. Conhecem-se os seguintes valores de resistência: 330 Ω a 600 $^{\circ}\text{C}$; 100 Ω a 0 $^{\circ}\text{C}$ e 18 Ω a -200 $^{\circ}\text{C}$.
- 8.4. Calcule a diferença entre o valor da corrente I_s e o valor da corrente I_f obtido em 8.1.
- 8.5. Relativamente ao circuito de isolamento, ISO 100:
- 8.5.1. Projecte todas as ligações de modo a maximizar a sensibilidade do sistema. Justifique a escolha da topologia e do valor do ganho que utilizar.
- 8.5.2. Calcule o valor do erro máximo absoluto na saída do ISO 100 devido aos erros de ganho e às correntes e tensões de desvio. A temperatura junto a este circuito varia entre 0 $^{\circ}\text{C}$ e 50 $^{\circ}\text{C}$.

As características principais do Amplificador de Isolamento são as seguintes:

Não linearidade de 0,07%, erros de desvio $V_{oso} = \pm 200 \mu\text{V}$; $V_{osi} = \pm 200 \mu\text{V}$, Deriva de $\pm 2 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, erro de ganho de 2% do FSR, deriva de $0,03\%/^{\circ}\text{C}$, corrente de polarização em modo unipolar $I_{os} = 10 \text{ nA}$, em modo bipolar $I_{os} = 35 \text{ nA}$, deriva unipolar $0,05 \text{ nA}/^{\circ}\text{C}$, bipolar $1 \text{ nA}/^{\circ}\text{C}$, máxima taxa de variação de $0,31 \text{ V}/\mu\text{s}$, tempo de estabelecimento a 0.1% de 100 μs .