



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG08

PROJETO E FABRICAÇÃO DE CABLAGEM, SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO E MEDIÇÃO DE LINHAS ELÉTRICAS DE ALIMENTAÇÃO REGULADAS (CORRENTE CONTÍNUA)



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo 5 (cinco) questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



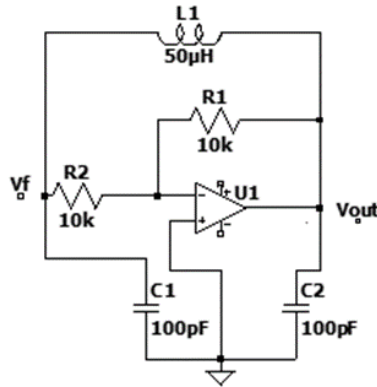
INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

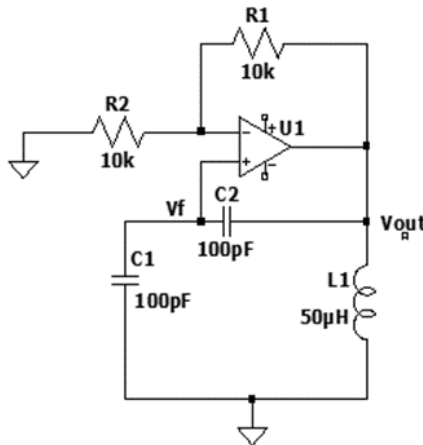
Questão 1

Um circuito oscilador consiste em um amplificador com realimentação positiva com ganho $G = A/(1-\beta A)$, em que A é o ganho de malha aberta do amplificador e β o ganho de realimentação, onde $\beta A = 1$ na condição de oscilação (critério de Barkhausen).

Para o circuito oscilador Colpitts empregando um amplificador operacional inversor $U1$ com ganho A e de alta impedância de entrada (da ordem de vários $M\Omega$) e um circuito tanque LC de realimentação, conforme a figura a seguir, onde V_f é a tensão de realimentação e V_{out} a tensão de saída:



- A) Calcule a frequência de oscilação do oscilador. Considere que $\frac{1}{2\pi} \approx 0,16$ e que a impedância do circuito tanque LC é dada por $X_{LC} = (X_{C1} + X_{L1}) || X_{C2} = \infty$ na condição de ressonância.
- B) Determine o ganho A do Amplificador $U1$ e o ganho de realimentação β em termos de C_1 e C_2 .
- C) Reconfigurando o circuito do oscilador Colpitts, utilizando a entrada não inversora do amplificador com ganho $A > 1$ e colocando C_2 na malha de realimentação e L_1 na saída, tem-se a figura a seguir.

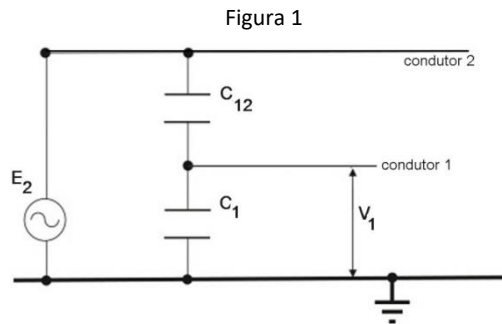


Para esse caso, determine o ganho A do amplificador e o ganho de realimentação β em termos de C_1 e C_2 .

- D) Caso a impedância de entrada inversora do amplificador operacional não seja elevada e carregue o circuito de realimentação, o que acontece com o oscilador.

Questão 2

- A) O que é acoplamento capacitivo em eletrônica? O que causa acoplamento capacitivo entre dois condutores (cabos ou placas metálicas)?
- B) Na Figura 1 a seguir, uma fonte de tensão alternada E_2 está conectada ao condutor 2 e encontra-se próximo ao condutor 1. C_1 é o capacitor de acoplamento entre o condutor 1 e o terra e C_{12} é o capacitor de acoplamento entre os condutores 1 e 2.

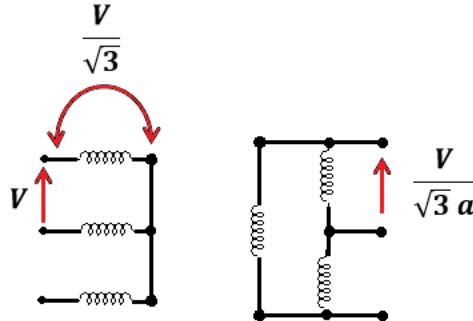


Determine a tensão V_1 que é induzida eletricamente pela fonte de tensão alternada E_2 . Identifique a capacitância equivalente de acoplamento entre os dois condutores.

- C) De quais parâmetros e fatores depende a capacitância de acoplamento entre dois condutores próximos?
- D) Enumere procedimentos para reduzir o efeito do acoplamento capacitivo.
- E) Na figura 1, insira uma blindagem metálica próxima ao condutor 1 e denotando por C_{13} a capacitância de acoplamento entre a blindagem e o condutor 1, determine a tensão V_1 que resulta desta nova configuração de circuito. Compare o resultado obtido com o do item b e comente como blindagem e aterramento podem atuar na redução de interferências por acoplamento capacitivo.

Questão 3

Um transformador trifásico é utilizado para reduzir os níveis de tensões em um laboratório industrial. Sabe-se que a tensão de linha no primário deste transformador é de 440 V e que os enrolamentos de cada bobina no primário possuem 1000 espiras. O núcleo é formado por um material magnético e os enrolamentos são isolados por papel e óleo. O fabricante informa que sua construção é composta por uma ligação do tipo estrela-delta conforme apresentado na figura abaixo. O secundário não está conectado à carga, ou seja, está em aberto e através de um voltímetro foi possível medir a tensão de linha igual a 220 V.



Em posse disso, responda aos itens a seguir.

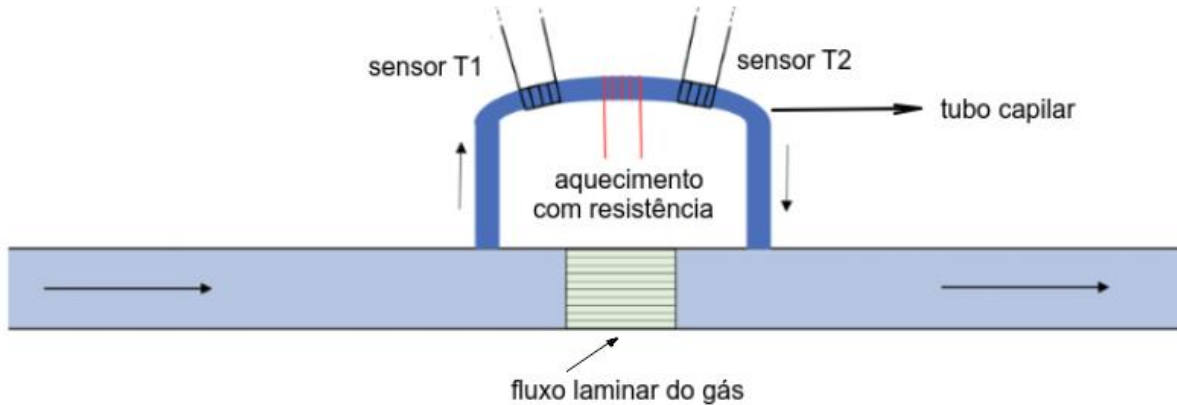
- Determine o valor da relação de transformação trifásica entre o primário e secundário (considere apenas duas casas decimais após a vírgula).
- Qual o número de espiras em cada enrolamento do secundário?
- Como se comparam as permeabilidades de materiais ferromagnético, paramagnético e diamagnético em relação à permeabilidade do vácuo? Qual desses materiais é empregado em transformadores?
- Para que serve o óleo utilizado em transformadores e quais devem ser suas características?

Questão 4

Sistemas de propulsão elétrica, muito utilizados no setor espacial, requerem medição e controle precisos do fluxo do propelente utilizado. No caso de propelentes gasosos, é comum o uso em laboratórios especializados de um tipo de Controlador/Medidor de fluxo de massa (fluxímetro) do tipo térmico. Neste dispositivo, algumas moléculas do gás de trabalho são forçadas a passar por um tubo capilar (*bypass*), que é aquecido por uma resistência, colocada no centro dele, conforme mostra a Figura 1.

Assim, do lado de fora deste tubo, há 3 pequenos enrolamentos. O central, conforme já mencionado, age como um elemento de aquecimento e os outros dois (T1 e T2) são sensores de temperatura do tipo RTD (*resistance temperature detector*). Tais sensores fornecem uma relação muito estável e precisa entre resistência e temperatura.

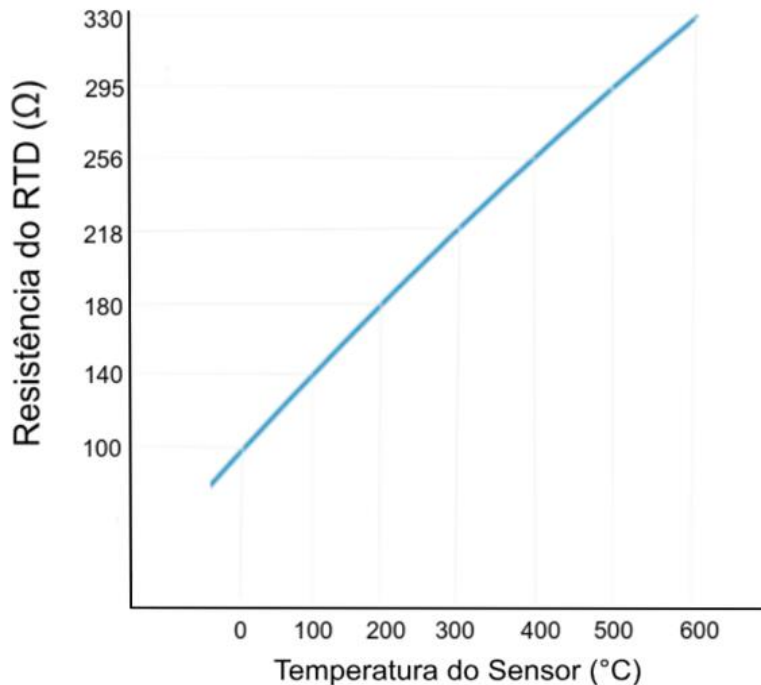
Figura 1 - Esquema ilustrativo dos elementos sensores do medidor de fluxo de massa utilizado com propelentes gasosos.



O gráfico da Figura 2 mostra a variação da resistência do sensor (de platina) usado no dispositivo, de acordo com a temperatura em que se encontram.

Quando nenhum gás estiver fluindo, a condução do calor gerado pela resistência de aquecimento, fará com que as temperaturas dos sensores T1 e T2 sejam idênticas. Entretanto, quando ocorre o fluxo de gás, certa quantidade de calor é retirada do primeiro sensor de temperatura, mas adicionado ao segundo sensor. Isto cria uma diferença de temperatura entre os dois sensores e é este mecanismo que constitui o cerne do sensor.

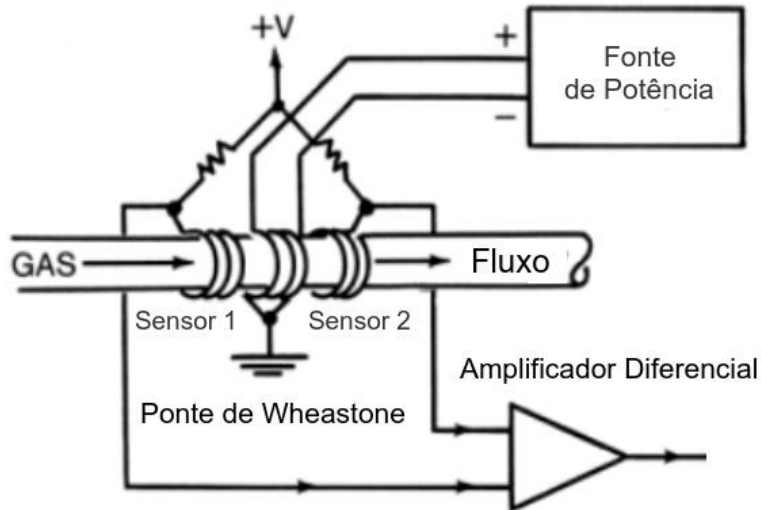
Figura 2 - Gráfico da variação da resistência do elemento sensor RTD com a temperatura.



Os dois sensores de temperatura estão conectados a uma Ponte de *Wheatstone*, conforme mostrado na Figura 3, onde a mudança em suas temperaturas altera as respectivas resistências elétricas.

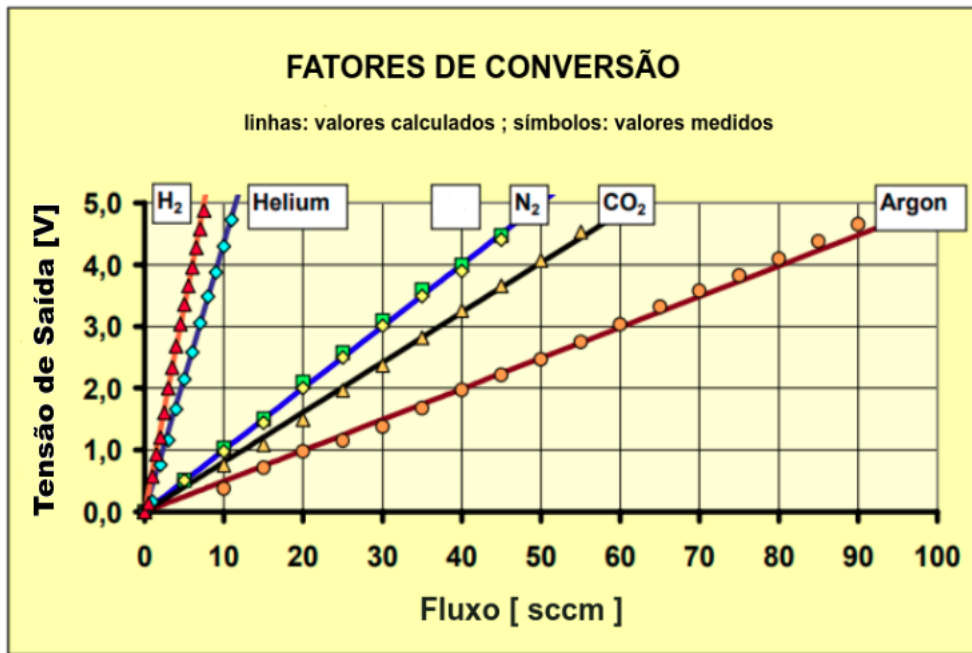
Para determinado gás, a quantidade de calor transferida é influenciada pela quantidade de moléculas que passam pelo tubo capilar. Assim, a variação da transferência de calor é proporcional somente ao incremento do número de moléculas do gás, ou seja, da taxa do fluxo de massa.

Figura 3 - Esquema da ligação dos sensores de temperatura na Ponte de Wheatstone.



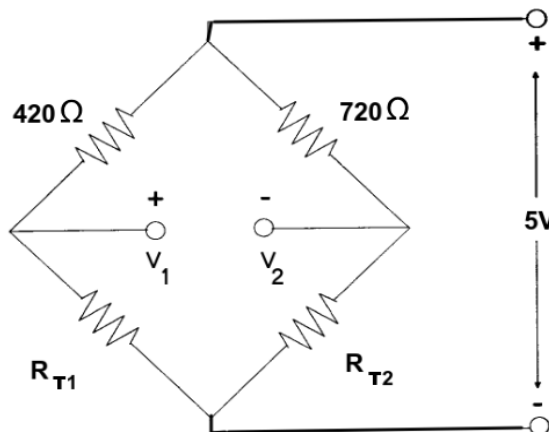
O dispositivo foi calibrado de forma que um fluxo desde 0 até 50 sccm (*standard cubic centimeter per minute*) resultasse em uma variação linear da voltagem de saída do amplificador diferencial de 0 a 5 V, para o gás nitrogênio (N₂), conforme mostra o gráfico da Figura 4.

Figura 4 – Correspondência entre fluxo de massa e tensão de saída para o fluxímetro.

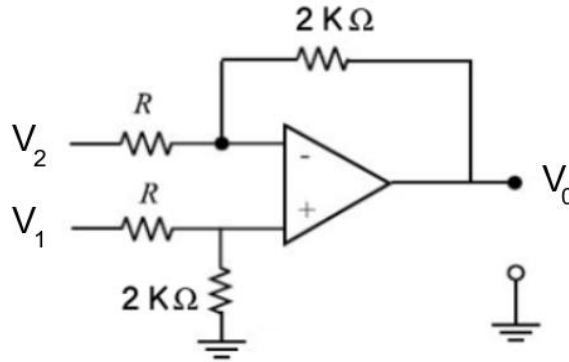


Sabendo-se que as temperaturas dos sensores T1 e T2 equivalem a 100°C e a 200°C, respectivamente, quando o fluxo do gás nitrogênio é de 20 sccm, pede-se para calcular:

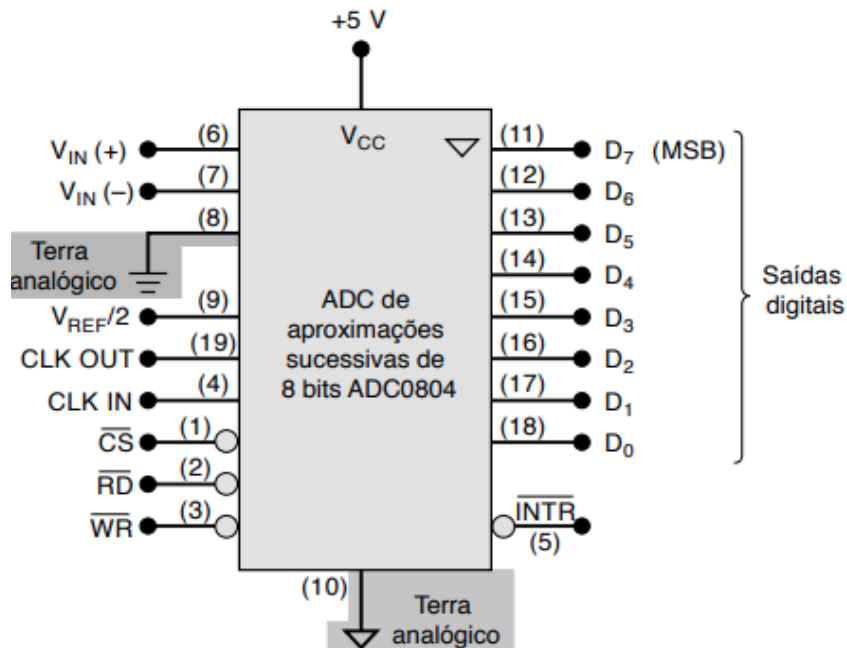
- A) O valor da diferença de potencial entre V₁ e V₂ da ponte de Wheatstone para este fluxo de 20 sccm de nitrogênio.



B) O valor da resistência R do circuito do amplificador diferencial (figura abaixo), tal que a saída V_0 corresponda ao fluxo de massa indicado na Figura 4 (para o gás N_2).



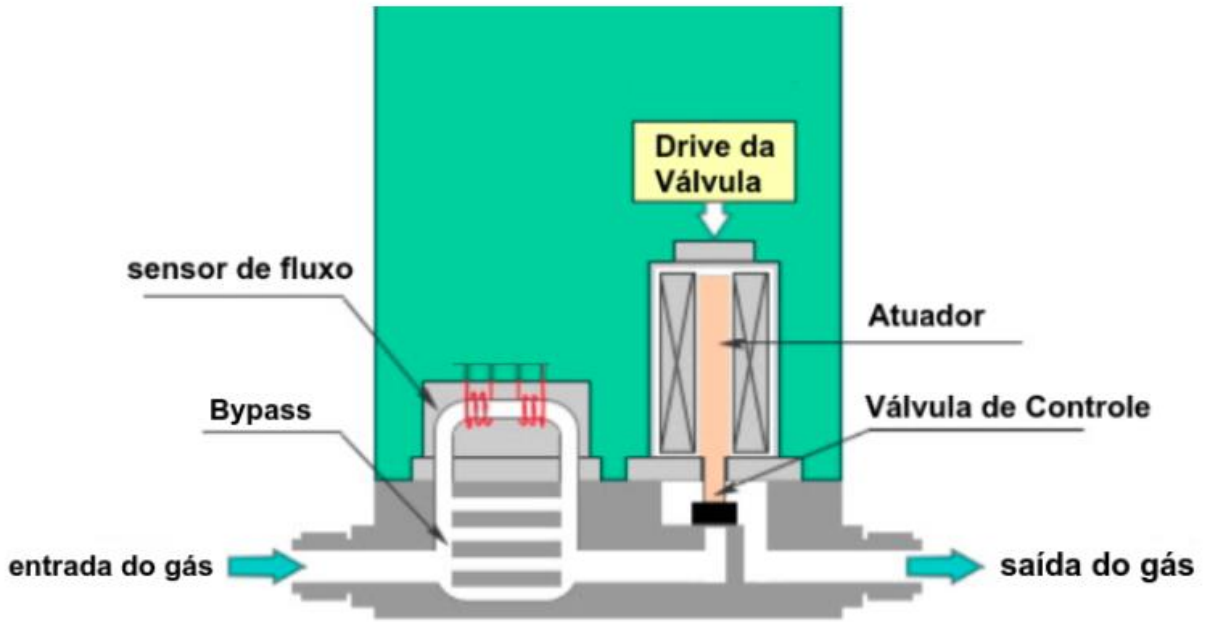
C) Uma vez que o mostrador do fluxímetro é digital, o nível DC em V_0 deve ser convertido em uma palavra binária de 8 bits ao passar por um conversor A/D de 8 bits. Escreva o valor de cada bit de saída do conversor (para o caso do gás N_2 a 20 sccm).



$D_7 \ D_6 \ D_5 \ D_4 \ D_3 \ D_2 \ D_1 \ D_0$

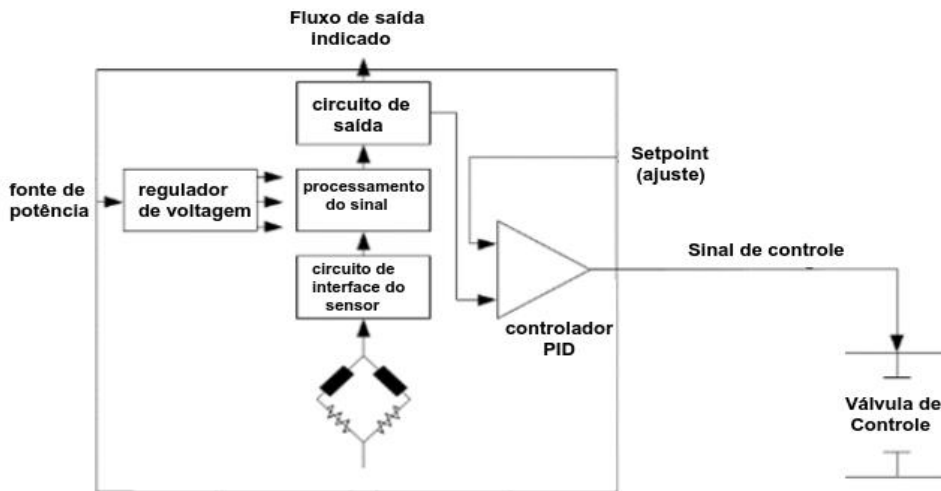
Além de realizar a medição do fluxo, este dispositivo realiza também o controle dele (do fluxo), através do ajuste da posição da válvula de controle, conforme esquematizado na Figura 5a.

Figura 5a – Esquema ilustrando a válvula de controle acoplada à saída do controlador de fluxo de gás.



Utiliza-se um controlador do tipo PID (Proporcional - Integrador - Derivativo) para gerar o sinal de saída de controle para a válvula, conforme esquematizado no diagrama em blocos na Figura 5b.

Figura 5b – Diagrama do Controlador/Medidor de fluxo de gás.



D) Considerando o controlador analógico PID mostrado na Figura 6, indique os ganhos: proporcional (K_p), integrador (K_i) e derivativo (K_d). O valor de R_1 foi ajustado por um potenciômetro e equivale a 4,5 k Ω . R_f está desconectado do circuito.

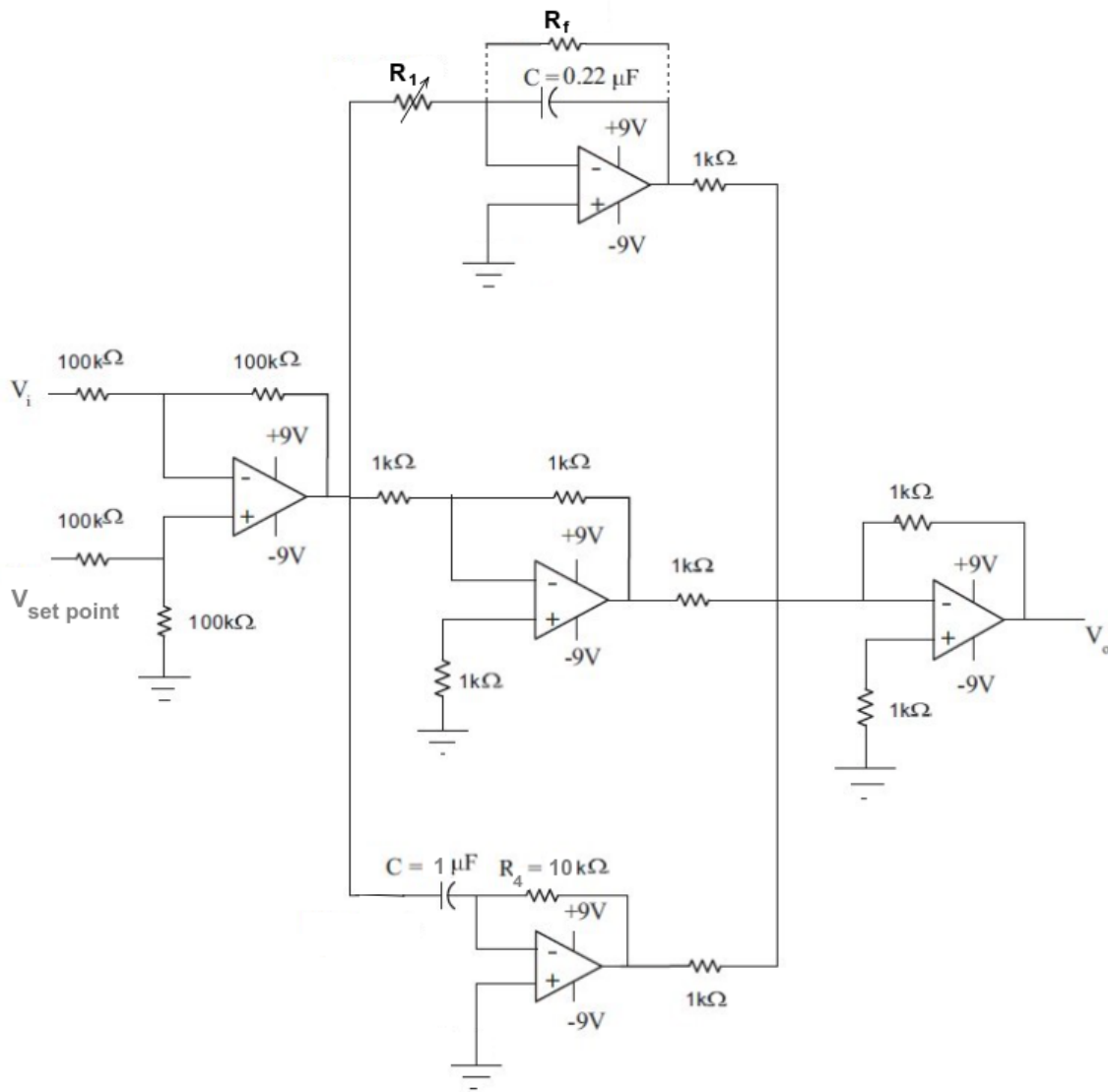


Figura 6 - Controlador PID

E) Quando conectado ao circuito, responda sucintamente qual seria a função do resistor R_f para o caso de uma entrada com componente cc (corrente contínua)?

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

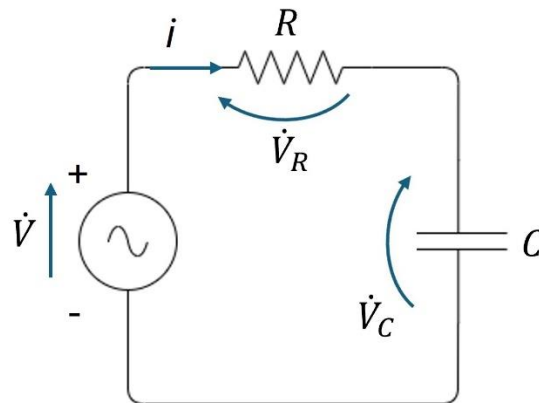
28

29

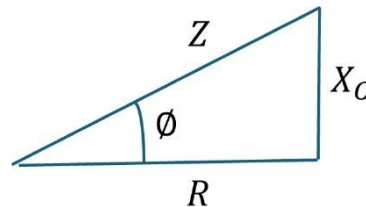
30

Questão 5

Capacitores desempenham um papel crucial em circuitos de potência AC. Por exemplo, considerando que uma tensão com 200 V de amplitude e frequência de 50,0 Hz no regime senoidal é aplicada através de um capacitor C (linear e invariante no tempo) com perdas representadas por um resistor R em série, resultando em uma corrente de 3,14 A de amplitude, conforme a figura a seguir.



- A) Calcule o valor da capacitância necessária para essa corrente, considerando o diagrama de fase de impedâncias abaixo, onde X_C é a reatância capacitiva e o ângulo $\phi=30^\circ$.



- B) Indique a nova constante dielétrica (k') necessária para compensar uma redução pela metade na área das placas e manter a capacitância original, supondo que você esteja utilizando um único capacitor de placas paralelas preenchido com um dielétrico de constante k .
- C) Calcule quantos capacitores são necessários para atingir a capacitância desejada. Indique como esses capacitores devem ser ligados (em série ou em paralelo) supondo que você só disponha de capacitores de $10 \mu F$ para o projeto.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

Realização

