UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ELETRÔNICA

LISTA DE EXERCÍCIO #6

(1) **COMPUTAÇÃO ANALÓGICA** - A computação analógica recorre à interligação de diversos circuitos com funções matemáticas básicas, tais como circuitos somadores, integradores, diferenciadores, multiplicadores, entre outros, com vista à realização de funções matemáticas mais complexas, como seja a resolução de equações diferenciais.

A fim de compreender melhor o mundo físico, torna-se às vezes necessário usar modelos matemáticos para prever a reação de vários sistemas físicos, tais como o movimento de um pêndulo, de uma massa unida a uma mola sujeita aos estímulos externos, tal como uma força. Com o uso de equações diferenciais, torna-se possível modelar exatamente o comportamento de tais sistemas. Entretanto, ver realmente representações gráficas das soluções a estes modelos transforma-se, por vezes, computacionalmente complexo. Aqui entra o computador analógico. Computadores analógicos, com o uso dos multiplicadores, dos somadores e dos integradores podem rapidamente e exatamente representar a equação diferencial graficamente.

Os computadores análogos são incrivelmente rápidos em resolver equações diferenciais. Uma vez que os computadores analógicos resolvem a equação inteira imediatamente, nós podemos mudar a freqüência ou a forma da função de entrada e ter, com um atraso imperceptível, a nova solução. Os computadores analógicos representam um modo eficaz de modelar sistemas para exame do mundo real. Enfim, os computadores analógicos representam uma maneira natural para representação gráfica de solução na simulação de sistemas representados por equações diferenciais.

Questão: Um pesquisador descreveu o modelo matemático de um determinado sistema físico através de uma equação diferencial representada a seguir. Projete um circuito capaz de resolver esta equação diferencial fornecendo uma saída gráfica possível capaz de ser observada com o uso de um osciloscópio.

$$y'' = 2y' - y + 5\text{sen}3t$$

(2) A partir de dois sinais X(t) e Y(t) apresente um circuito capaz de determinar $V_o(t) = \dfrac{dY}{dX}$.

(3) Usando apenas um multiplicador analógico, somador e subtrator apresente um circuito capaz de determinar: $V_o(t) = V_2^2(t) - V_1^2(t)$

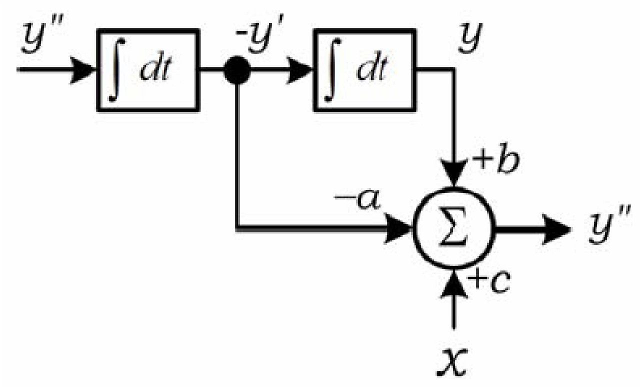
(4) Sugira um circuito analógico capaz de fornecer as raízes de uma equação do segundo grau, com raízes reais, cujas tensões de entrada correspondem aos coeficientes da equação e as tensões de saída às respectivas raízes, ou seja, V_1=a, V_2=b e V_3=c.

$$ax^2 + bx + c = 0$$

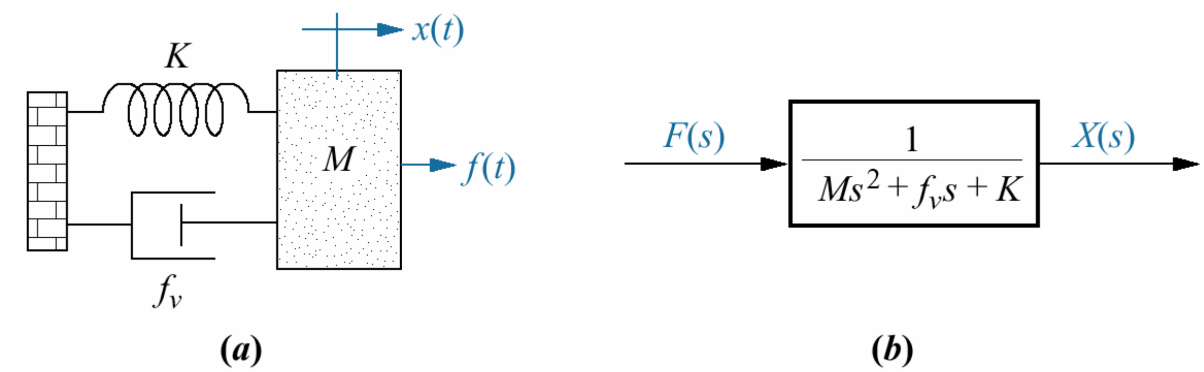
(5) Sugira um circuito analógico capaz de fornecer os coeficientes de uma equação do segundo grau, cujas tensões de entrada representam as raízes desta equação e as tensões de saída representam os respectivos coeficientes, ou seja, V_1=a, V_2=b e V_3=c.

$$ax^2 + bx + c = 0$$

(6) Projete um circuito capaz de resolver a equação diferencial explicitada no diagrama de blocos a seguir.



(7) A fim de modelar uma oscilação forçada, amortecida de uma massa unida a uma mola, construa um computador analógico usando somadores e integradores. Escreva a equação diferencial: onde M é a massa do objeto unido a uma mola, Kd é a constante de amortecimento, Ks é a constante de elasticidade da mola, e F (t) é a função de forçamento.

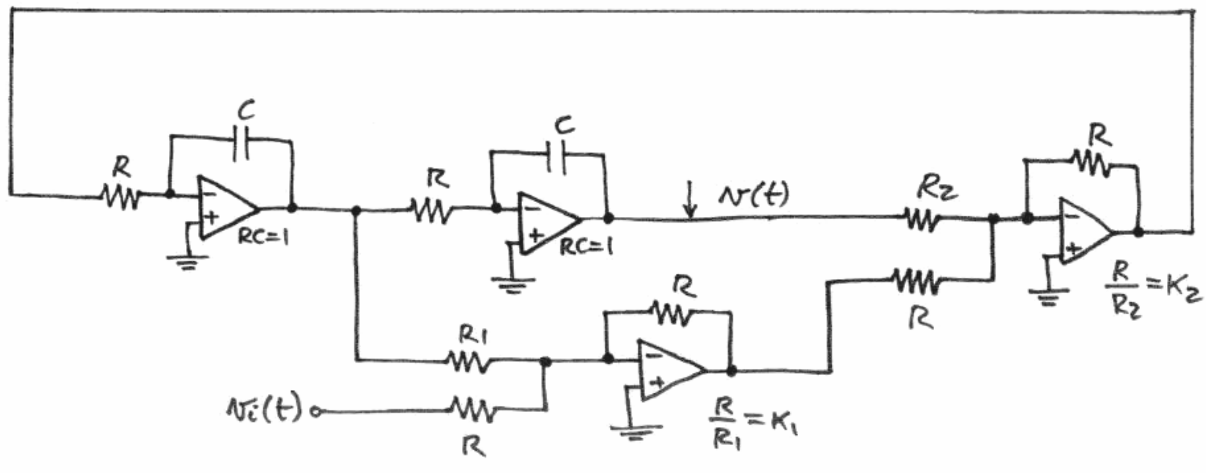


(8) Determine a solução para a equação diferencial a seguir e apresente um circuito capaz de resolvê-la.

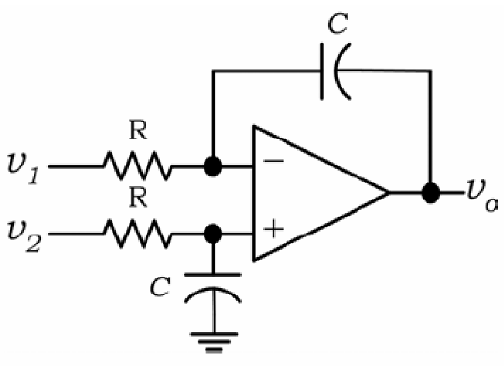
$$m\frac{d^2x}{dt^2} + c\frac{dx}{dt} + kx = 0$$

(9) A partir de um miliamperímetro com escala de 0-10mA e usando um amplificador operacional construa um medidor de corrente capaz de medir correntes na faixa de 0-100μA.

(10) O diagrama a seguir mostra o esquema de um circuito usado para a resolução de uma equação diferencial de segunda ordem. Encontre a equação diferencial implementada por este circuito.



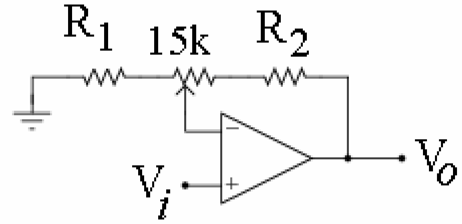
(11) Sugira uma aplicação para o circuito a seguir. Escreva a função de transferência.



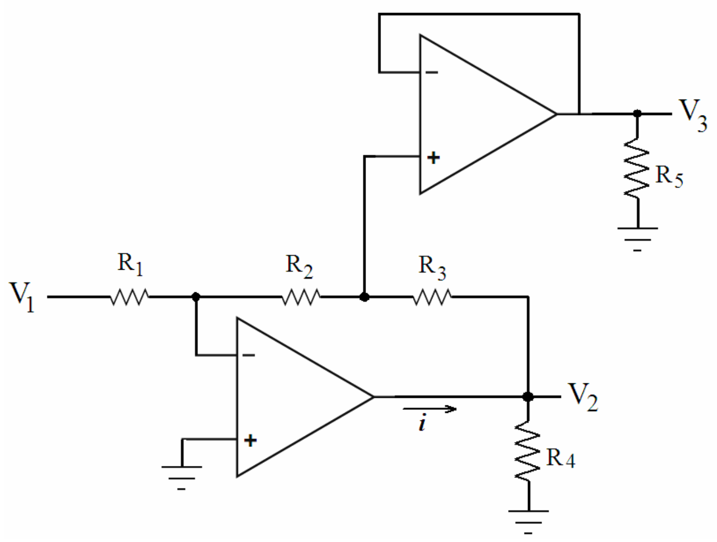
(12) Usando amplificadores operacionais e sem a utilização de indutores, como você simularia:

(a) Uma indutância variável?
(b) Uma indutância negativa dependente da temperatura?
(c) Um capacitor variável a partir de um capacitor fixo?
(d) Um multiplicador de capacitância?
(e) Uma resistência negativa dependente da luz?
(f) Uma resistência negativa inversamente proporcional a frequência e dependente da temperatura?

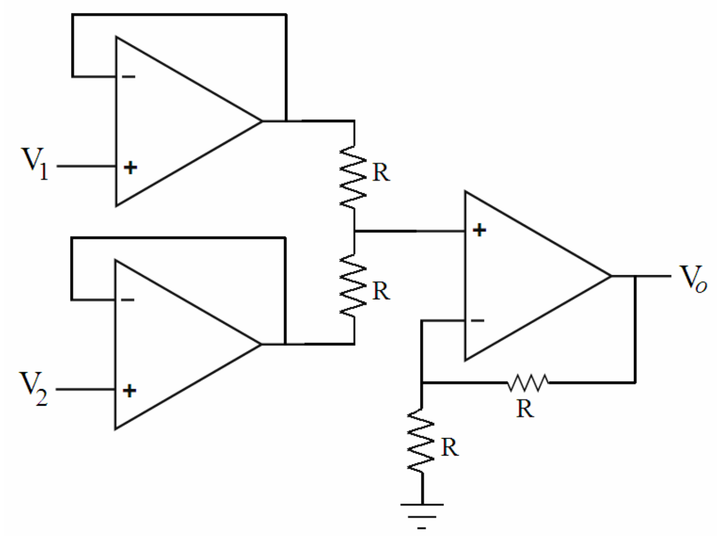
(13) Calcule os valores necessários de R_1 e R_2 para limitar o mínimo e o máximo ganho do circuito a seguir para 10 e 85, respectivamente.



(14) Encontre as expressões para V_2, V_3 e i em função da entrada V_1.



(15) Encontre a expressão para V_o em função das entradas V_1 e V_2.



(16) Os logaritmos possuem propriedades interessantes, que podem ser exploradas em circuitos eletrônicos para executar determinadas operações complexas.

(I) Projete um amplificador não inversor com ganho igual a:

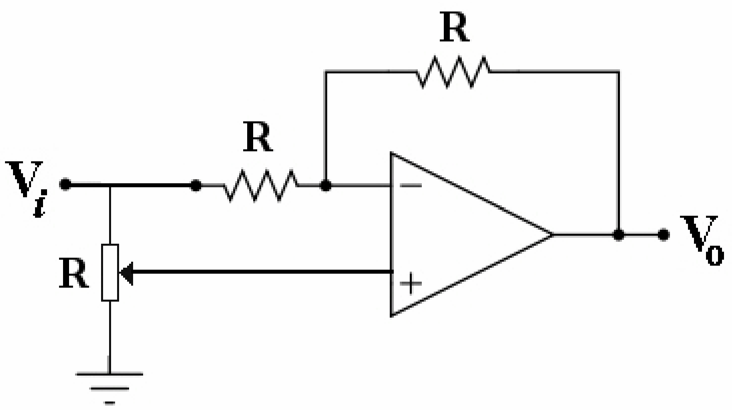
(a) $\mathbf{10^{(2\log 3)}}$ (b) $\mathbf{10^{(\log 12 - \log 4)}}$ (c) $\mathbf{e^{(Ln3+Ln5)}}$

(II) Projete um circuito capaz de realizar o processamento analógico de sinal proposto:

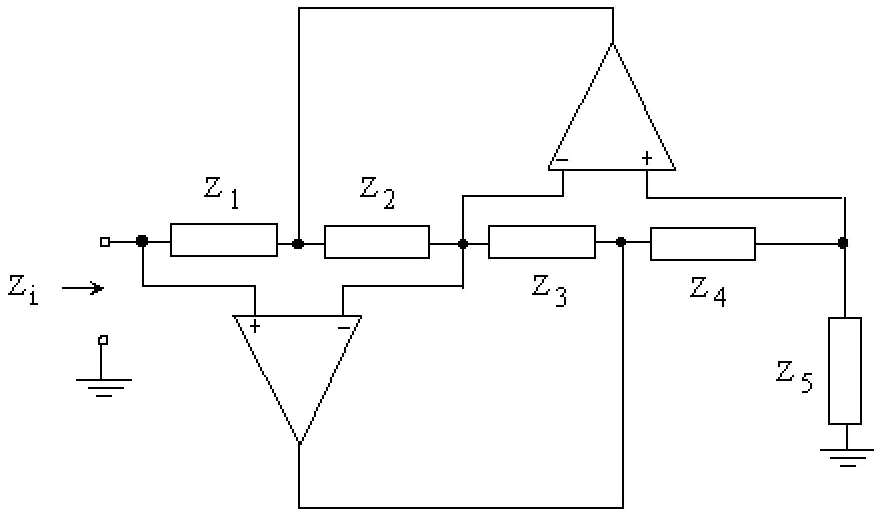
(d) $e^{Ln\left[\int_0^t (V_1.V_2)\,dt\right]}$ (e) $3\int_0^t V_2 dt + V_1.10^{(3\log V_2 - 7\log 5)}$

(f) $\frac{d}{dt}\left[V_2(t)-V_1(t)\right]+\int\left[V_2(t)-V_1(t)\right]$

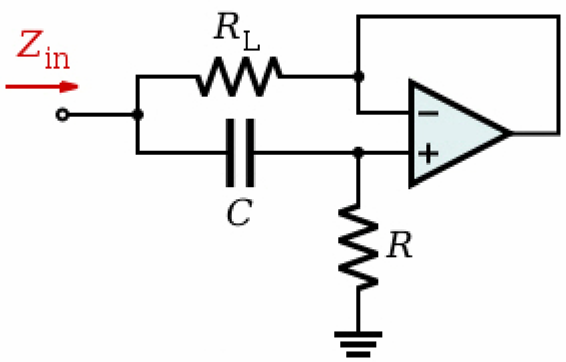
(17) Determine o ganho em tensão V_o/V_i para o circuito a seguir quando o potenciômetro estiver posicionado no:
(a) Máximo valor para cima;
(b) No ponto médio (meio);
(c) Mínimo valor para baixo.



(18) Usando o **Conversor Geral de Impedância** (***GIC***) mostrado na figura a seguir como você conectaria os componentes para que a impedância de entrada Z_i se apresente como uma ***resistência negativa dependente do quadrado da freqüência*** do sinal aplicado? Utilize apenas resistores e capacitores para representar as impedâncias (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 e Z_5).



(19) Encontre a impedância de entrada para o circuito a seguir. Sugira uma aplicação.



(20) **<u>MEDIDOR DE VALOR RMS</u>** (**R**oot **M**ean **S**quare - ***Raiz Média Quadrática***)

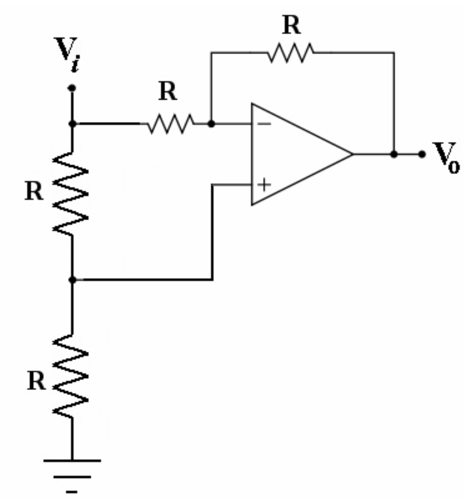
O valor eficaz de uma função é freqüentemente usado na física e na eletrônica. O valor eficaz (RMS) de um sinal AC corresponde ao nível DC que produz uma mesma potência média sobre uma carga resistiva, ou seja, a tensão RMS tem um sentido físico claro e útil, pois corresponde à tensão DC que, no mesmo tempo T, produz a mesma dissipação de energia da tensão variável O nome deriva do fato de que este valor é a raiz quadrada do valor médio do quadrado de V(t). Matematicamente, o valor RMS de uma tensão periódica (***True RMS***) pode ser calculado por:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_o^T v^2(t)dt}$$

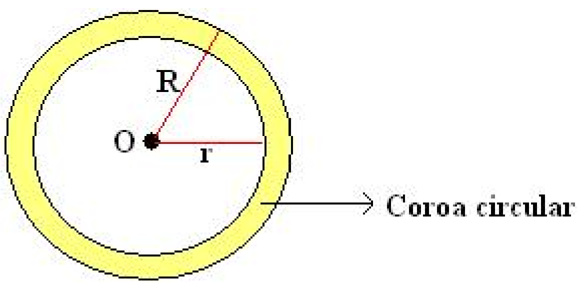
<u>Questão</u>: Apresente um circuito capaz de medir o valor RMS de uma tensão V(t).

(21) Determine o valor de V_o para o circuito a seguir. Encontre o valor de V_0 quando:

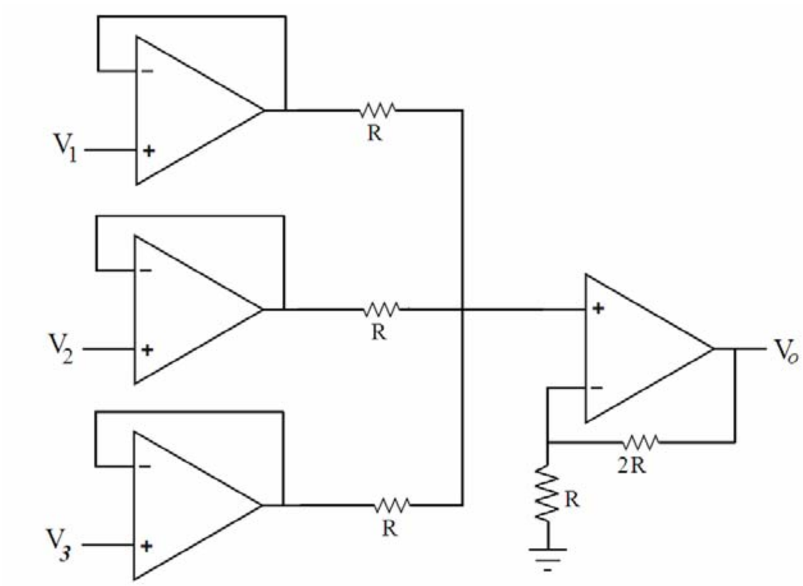
(a) V_i = -5V (b) V_i = +5V



(22) Apresente um circuito capaz de fornecer como tensão de saída V_o o valor da área de uma coroa circular, tendo como entradas duas tensões correspondentes aos valores dos raios, ou seja, V_1=f(R) e V_2=f(r). Sugestão: Utilize apenas um multiplicador analógico, um somador e um subtrator.



(23) Encontre Vo em função de V1, V2 e V3. Determine a funcionalidade deste circuito.



(24) **AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO**

O amplificador de instrumentação encontra muitas aplicações em diversos campos da eletrônica. Basicamente, um amplificador de instrumentação amplifica a diferença entre dois sinais da entrada V_1 e V_2 com o controle de ganho usando apenas um resistor R_G, acrescentando uma isolação adicional através da alta impedância de entrada.

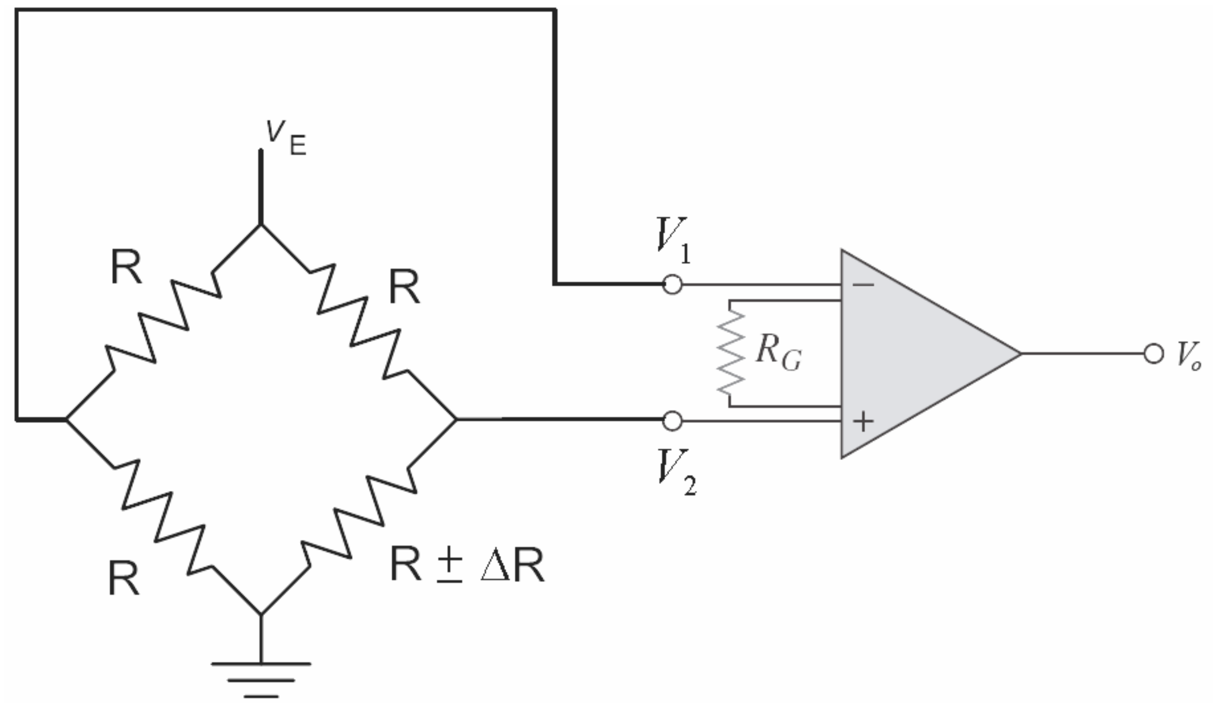
Na montagem a seguir um amplificador de instrumentação é usado para amplificar a variação de resistência correspondente a um sensor colocado em uma ponte de wheastone.

Mostre que a saída V_o é uma função linear de ΔR para pequenas variações de ΔR.

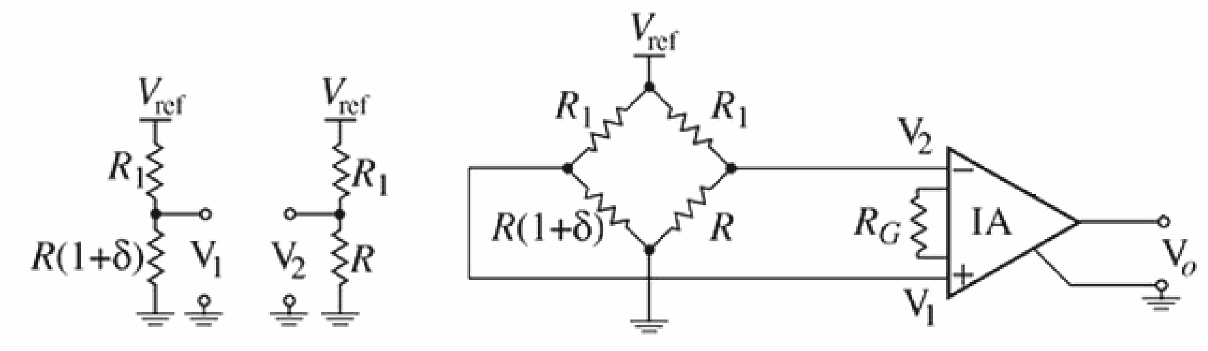
Determine o valor de k.

Sugira aplicações para este circuito.

$$V_o = k.\Delta R$$



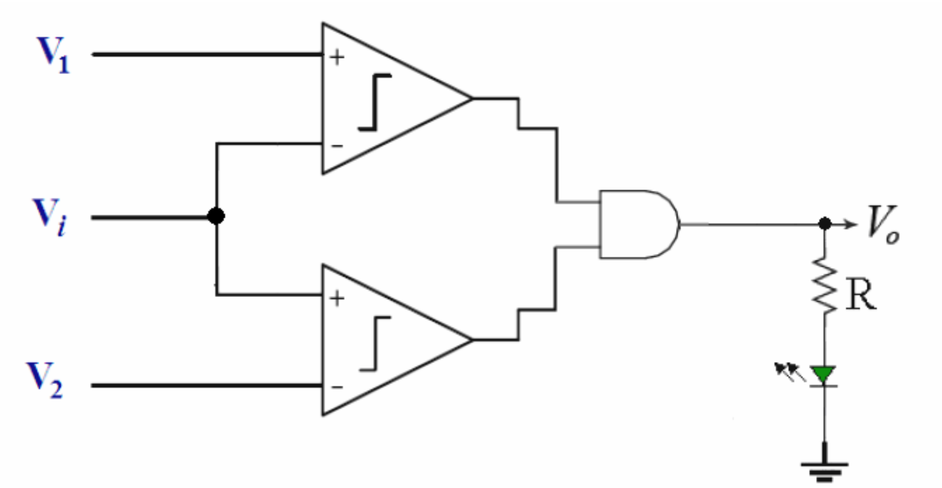
(25) (A) Mostre que para o circuito a seguir a expressão V_o é válida.
(B) Considere $R=R_1$ e compare com o valor de k encontrado na questão anterior.



$$V_o = A\frac{R}{R_1 + R}\, V_{\text{ref}} \frac{\delta}{1 + (R/R_1)(1 + \delta)}$$

(26) ***COMPARADOR JANELA***

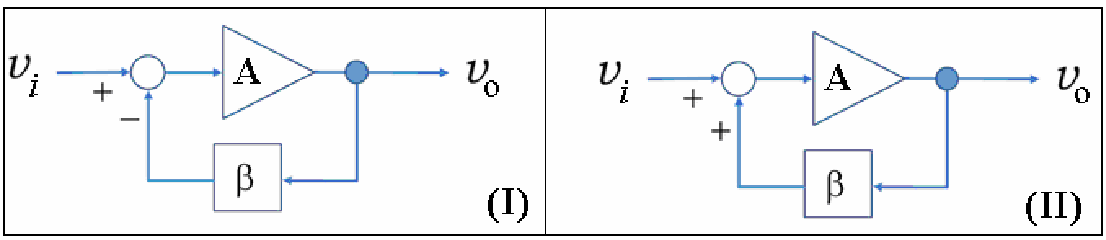
Determine a faixa de valores de tensão na entrada V_i na qual o LED acende.



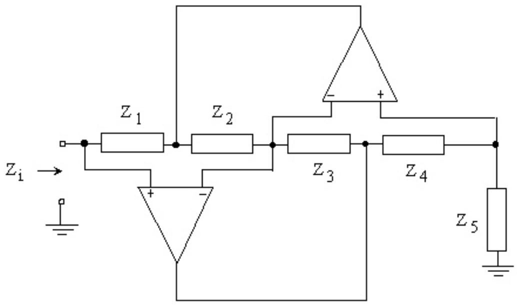
$V_1 = 8V \qquad V_2 = 3V$

(27) (A) ***REALIMENTAÇÃO NEGATIVA*** - Determine o ***valor do ganho*** **A** do amplificador mostrado na ***figura I*** para que se obtenha 10V na saída quando V_i = 1V. Considere **β=0,01**.

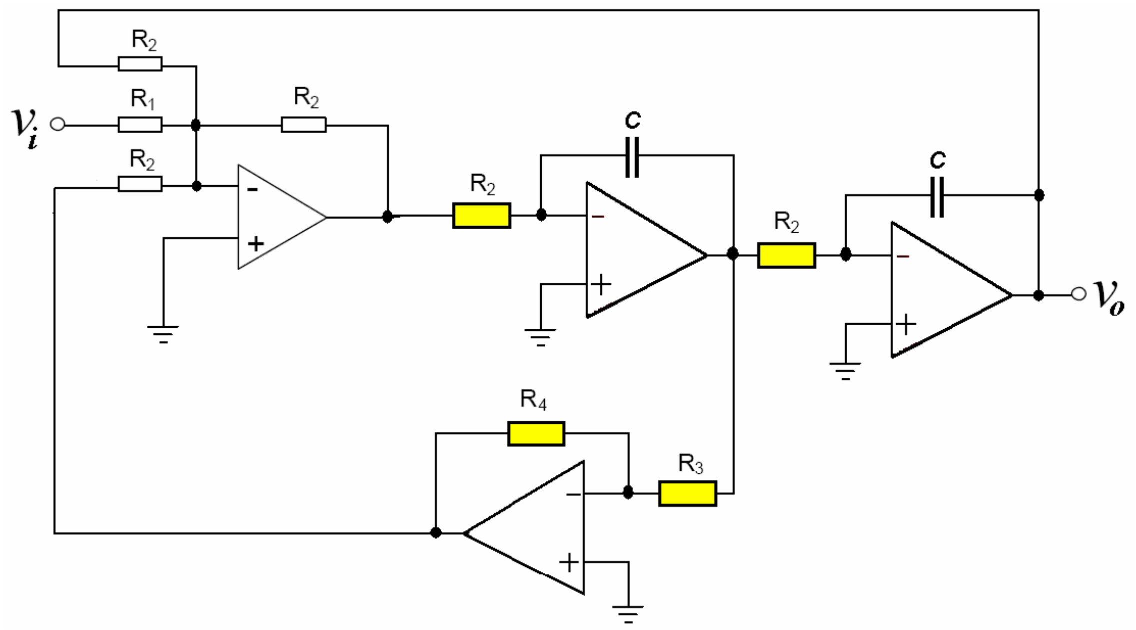
(B) ***REALIMENTAÇÃO POSITIVA*** - Determine o ***valor do ganho*** **A** do amplificador mostrado na ***figura II*** para que seja satisfeita a ***condição de Barkhausen*** de oscilação quando V_i = 0. Considere **β=0,01**.

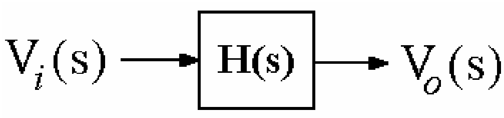


(**28**) Usando apenas resistores e capacitores simule uma ***impedância* $Z_i(s) = 1/s^3$**.



(29) Encontre a ***função de transferência* H(s)**.
Determine todos os ***pólos e zeros*** da função de transferência **H(s)**.





(30) Mostre que o circuito a seguir pode ser utilizado para simular um **indutor L** em **série com um resistor R**. Determine os valores de **L** e **R**.