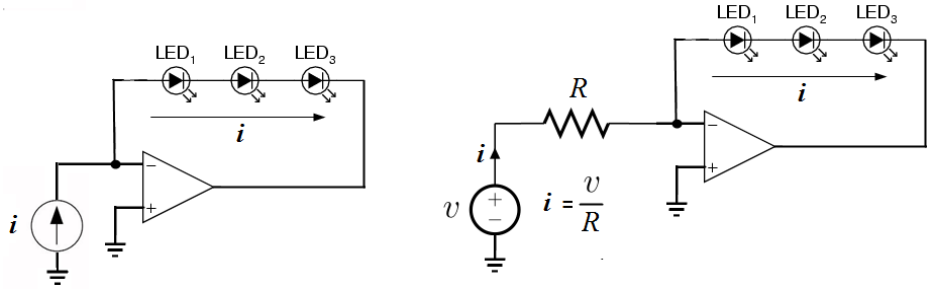
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ELETRÔNICA

Engenharia Elétrica

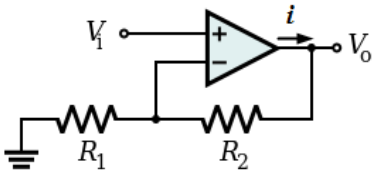
SÉRIE DE EXERCÍCIO #42

Identifique as *regiões de operações* dos *amplificadores operacionais* para cada questão a seguir.

(1) CORRENTE CONSTANTE
A montagem a seguir, realizada no Laboratório de Eletrônica, permaneceu ligada por 5 min.
(I) Determine o ***número de fótons*** emitidos por cada ***LED***. **LED_1=Vermelho, LED_2=Verde e LED_3=Azul. (II)** Quantos ***elétrons*** circularam por cada ***LED*** neste período?



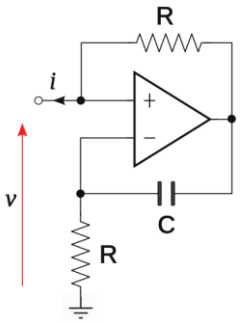
(**2**) Determine o ***número de fótons*** emitidos por uma lâmpada de ***LED vermelha*** de **10W** ligada durante **1h**.
(**3**) Determine a ***quantidade de elétrons*** que circulam pelo terminal de saída do amplificador operacional no circuito a seguir durante ***1 minuto***. $R_2 = 9k\Omega \quad R_1 = 1k\Omega \quad V_i = 1V$.



(**4**) Projete um *amplificador inversor* e um *amplificador não inversor* com impedância de entrada de 10kΩ e ganho em tensão de 36dB.

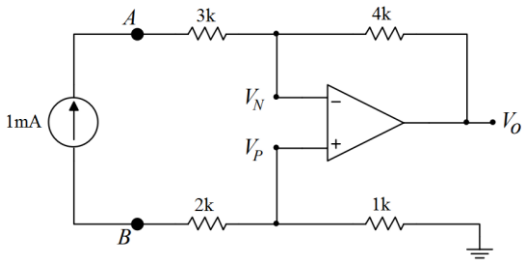
(**5**) Projete um circuito com *impedância* indutiva de 10μH usando apenas amplificadores operacionais, resistores e capacitores. Sugira uma aplicação.

(6) INDUTANCIA NEGATIVA
Mostre que o circuito a seguir é capaz de simular uma *Indutância Negativa*, ou seja, **Z= -sL**.
Determine o valor da *indutância negativa* equivalente *L*. Descreva o significado de uma *indutância negativa*.

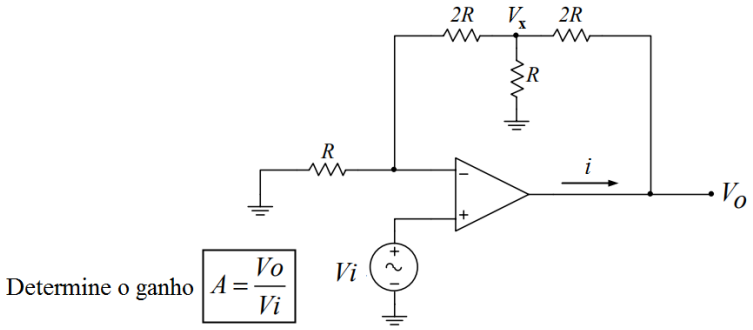


(**7**) Projete 3 circuitos *osciladores senoidais* distintos capazes de oscilar numa frequência de 10 kHz. Sugira algumas aplicações.

(**8**) Deterrmine V_N, V_P, V_o *e a potência na fonte de corrente.*

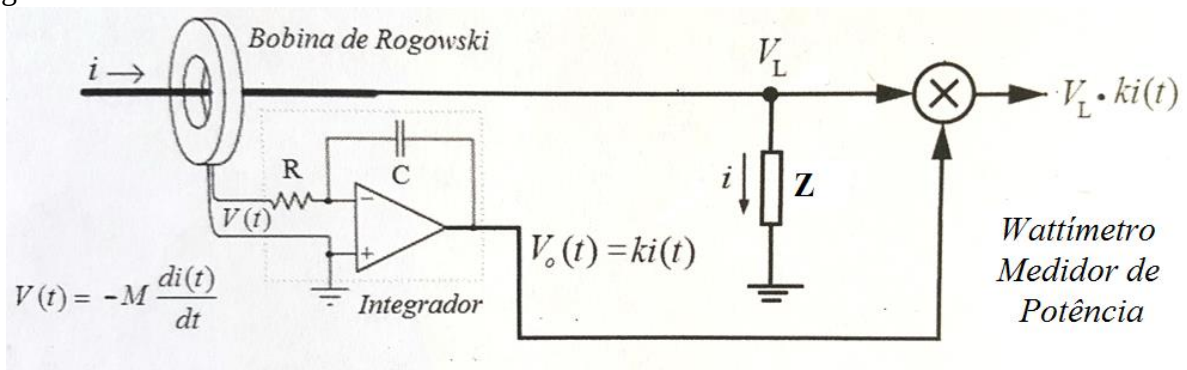


(**9**) Considere o amplificador de tensão a seguir. Determine: (I) A *impedância de entrada* (II) O *ganho em tensão* (III) A tensão $\boldsymbol{V_x}$ (IV) A corrente $\boldsymbol{i}$.



(**10**) **MEDIDOR DE POTÊNCIA** – ***WATTÍMETRO***

O diagrama a seguir ilustra um método para medição da potência (*Wattímetro*) sobre uma carga com impedância Z sobre a qual circula uma corrente $\boldsymbol{i}$ quando aplicada uma tensão variavel $\boldsymbol{V_L}$ sobre a mesma. (**I**) Explique a funcionalidade do circuito apresentado. (**II**) Qual a função do integrador no circuito abaixo.



(**11**) **MULTIPLICADORES ANALOGICOS**

Diversos multiplicadores analógicos têm sido propostos e descritos na literatura técnica e encontram inumeras aplicações no campo da eletrônica. Explique o princípio de funcionamento de um *multiplicador analógico* aplicando as 3 técnicas distintas discutidas em sala de aula.

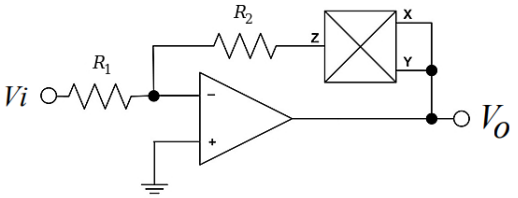
(**12**) Mostre como um *multiplicador analógico* pode ser usado para a medição de fase (*Fasímetro*) entre dois sinais cossenoidais $\cos\omega t$ *e* $\cos(\omega t + \theta)$, defasados entre sí por um ângulo $\boldsymbol{\theta}$.

(**13**) Como você implementaria um **amplificador com ganho controlado por tensão** usando um *multiplicador analógico*? Sugira uma aplicação.

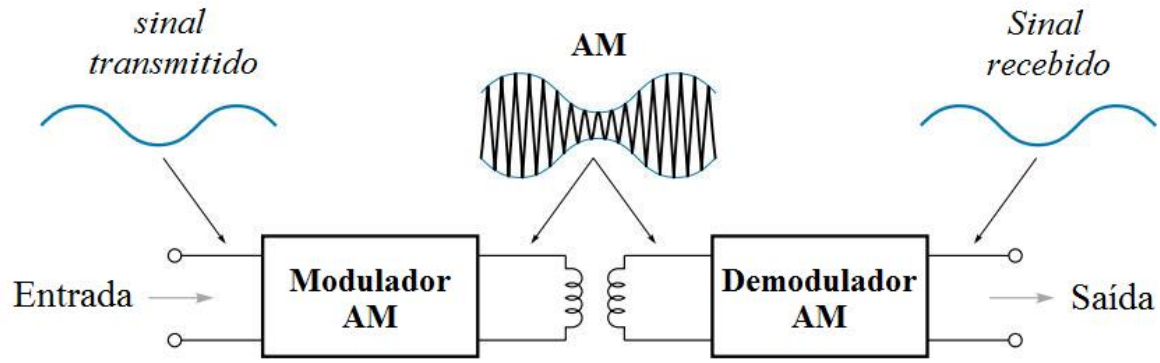
(**14**) projete um circuito capaz de realizar a seguinte operação:

$$y = \int (k_2 V_2 - k_1 V_1) dt$$

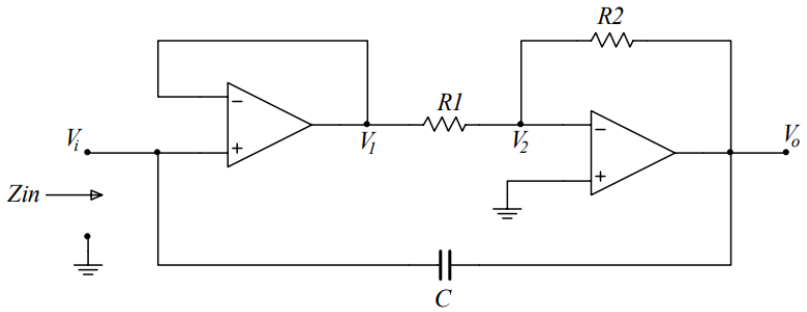
(**15**) Determine a expressão V_o. Sugira uma aplicação.



(16) Apresente um circuito, usando *multiplicador analógico*, capaz de implementar um ***modulador*** e um ***demodulador AM*** (*Amplitude Modulated*).



(17) Considere o circuito a seguir.



A) Determine a tensão V_1

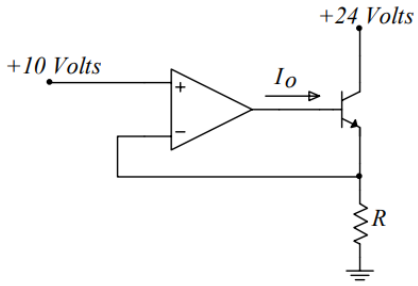
B) Determine a tensão V_2

C) Determine o ganho em tensão $\frac{V_o}{V_i}$

D) Determine a impedância de entrada Zin

E) Sugira algumas aplicações para este circuito.

(18) A corrente de saída no amplificador operacional I_o=5 mA. O transistor possui um β=100. Calcule o valor do resistor R.

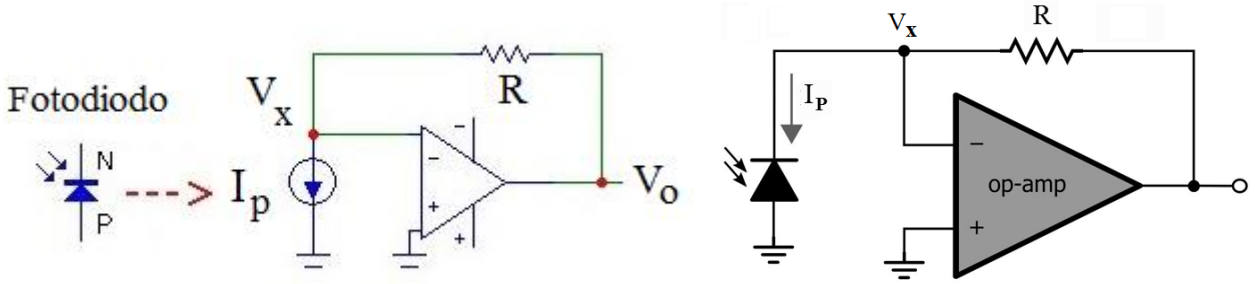


(19) Apresente um *circuito* capaz de resolver a *equação diferencial* a seguir:

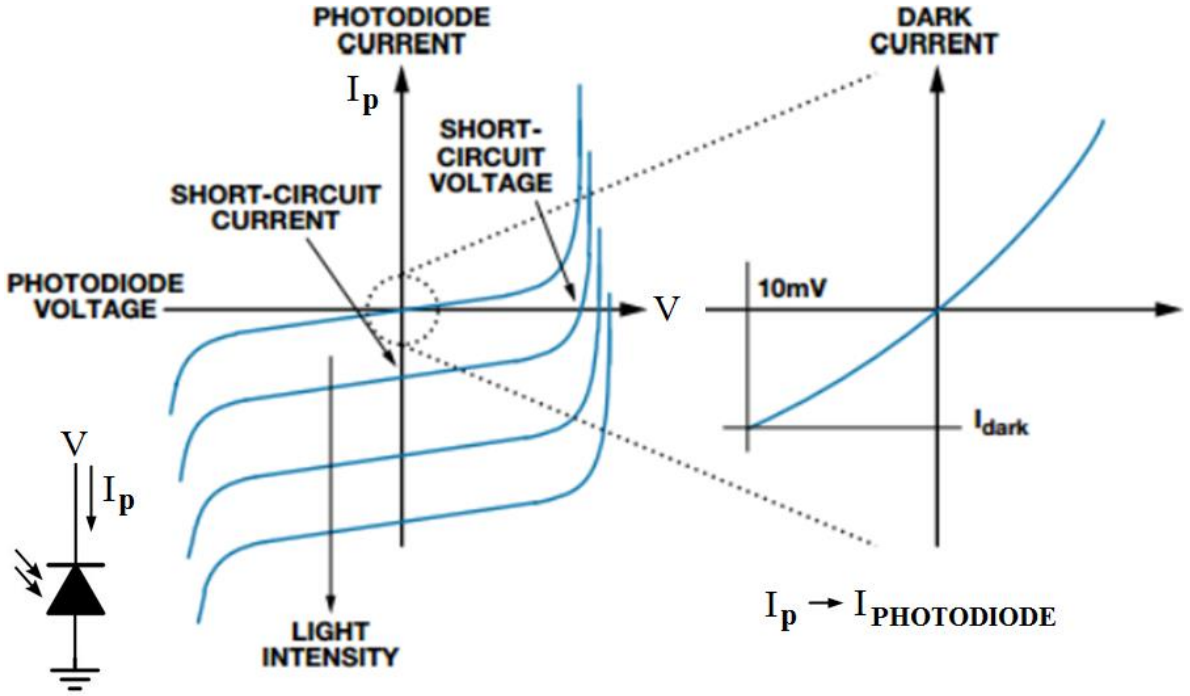
$$m\frac{d^2x}{dt^2} + c\frac{dx}{dt} + kx = 0$$

(20) FOTODIODO – *MODO FOTOVOLTAÍCO*

Observe que no circuito a seguir o fotodiodo funciona como uma *fonte de corrente dependente da luz* operando no modo fotovoltaíco.

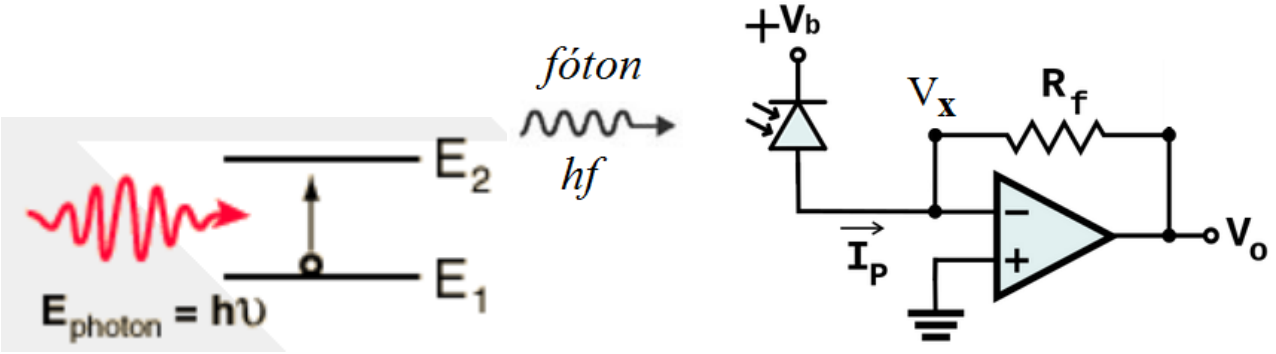


(**I**) Determine os valores das tensões V_x e V_o. (**II**) Determine a *tensão* sobre o fotodiodo.
(**III**) Determine a *potência* no fotodiodo. (**IV**) *Assinale* no gráfico mostrado a seguir, correspondente a curva *tensão x corrente* do fotodiodo, os *pontos* de *operação* desse fotodiodo na configuração do circuito apresentado. Como são denominados esses pontos de operação?
(**V**) Sugira algumas *aplicações* para este circuito.



(21) FOTODIODO – *MODO FOTOCONDUTOR*

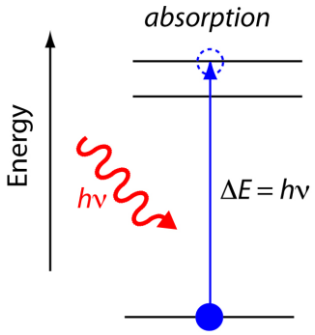
Observe que no circuito a seguir o fotodiodo opera em uma outra região, distinta da questão anterior. Em ambos modos o fotodiodo opera com polarização reversa. Responda aos itens da questão anterior considerando o circuito operando no modo fotocondutor. Compare e destaque no gráfico os pontos de polarização dos fotodiodos operando nos dois modos.



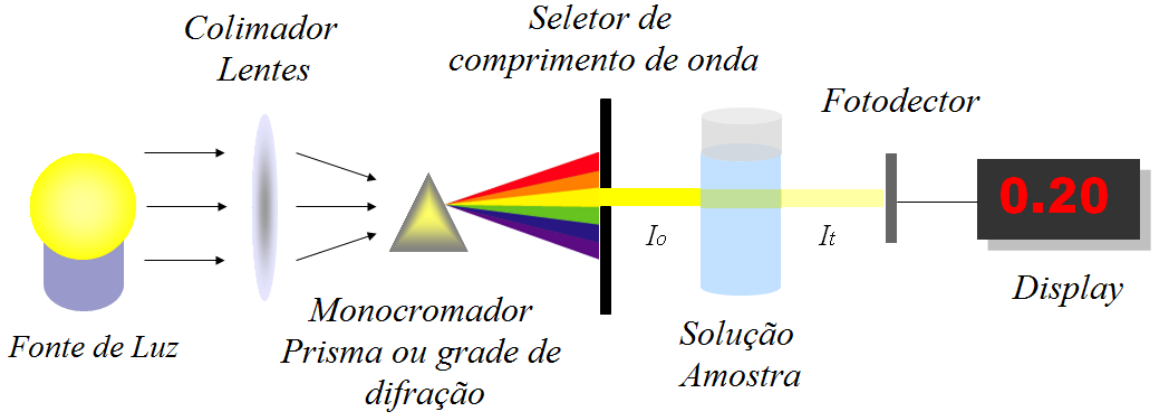
(22) Uma *lâmpada* de vapor de *mercúrio* de alta pressão é um tipo de *lâmpada* de descarga, na qual a luz é produzida pela passagem de uma corrente elétrica através do vapor de *mercúrio*.
Considere que um fóton com um comprimento de onda de $2{,}29 \times 10^{-7}$m atinge um átomo de mercúrio em seu estado de mais baixa energia (*ground state*). (I) Calcule a *energia* em *Joule* deste fóton.
(II) Determine a energia em *eletronvolt* desse fóton.
(III) Baseado nas suas respostas anteriores, diga se este fóton pode ser ***absorvido*** pelo átomo de *mercúrio*?

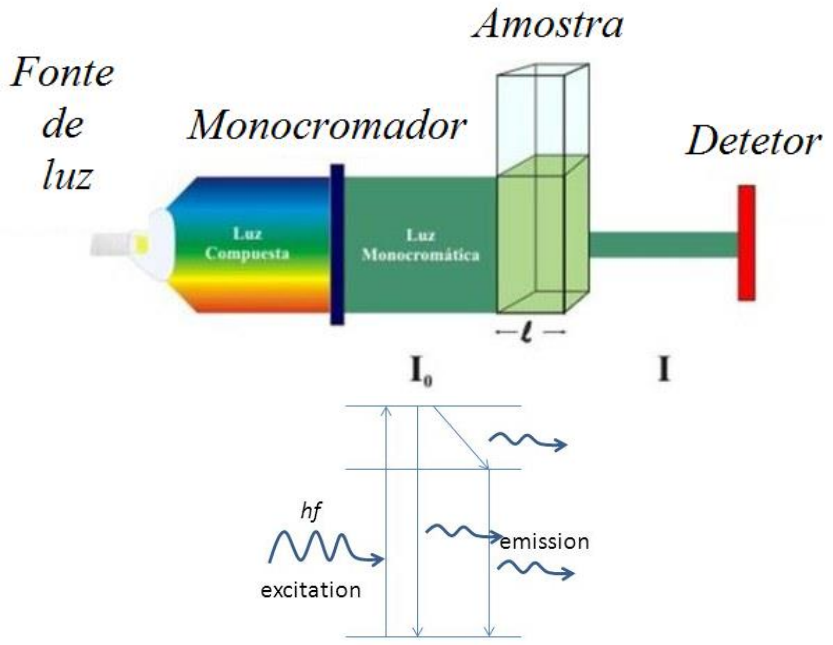
Níveis de energia para o Mercúrio

n	Energy (eV)
1	−10.38
2	−5.74
3	−5.52
4	−4.95
5	−3.71

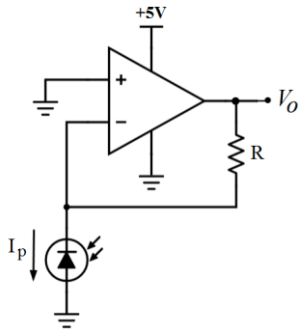


(23) A *espectrofotometria* é o método de análises óptico mais utilizado nas investigações biológicas e físico-químicas. Baseia-se na medida quantitativa da absorção da luz (*fótons*) pelas soluções, onde a concentração na solução da substância absorvente é proporcional à quantidade de luz absorvida. Observe que no diagrama a seguir é possível usar um fotodiodo para detectar a quantidade de luz (*fótons*) absorvida pela amostra em análise. Apresente um circuito com fotodiodo apropriado para ser usado nesta aplicação. Considere que este diagrama foi apresentado e discutido em sala de aula. Pesquise e sugira algumas aplicações usando um espectrofotômetro conforme mostrado a seguir.





(24) (I) Determine a expressão para a tensão na saída V_o. (II) Considere R=1MΩ e I_P=1μA determine a tensão na saída V_o. (III) Determine a potência sobre o fotodiodo. (IV) Sugira algumas aplicações.



(25) FOTO SENSORES - Apresente um estudo comparativo entre o *fotodiodo* e o *fotoresistor* LDR quanto as suas propriedades (frequência de operação, sensibilidade, faixa espectral) e aplicações. Analise sob que condições é mais adequado usar como fotosensor um *fotodiodo* ou um *fotoresistor* LDR.

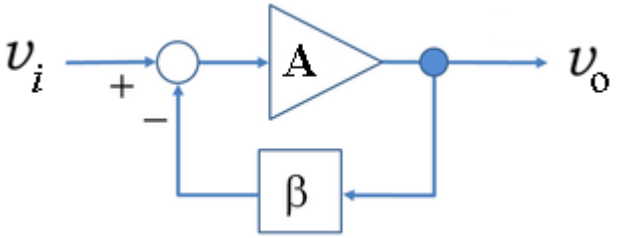
(26) Projete um circuito capaz de *ligar* uma lâmpada de LED previamente apagada, com potência de 10W, por apenas 1 minuto, após o acionamento de uma chave acoplada a uma porta durante o seu fechamento.

(27) Projete um circuito capaz de *desligar* uma lâmpada de LED previamente acesa, com potência de 10W, por apenas 1 minuto, após o acionamento de uma chave acoplada a uma porta durante o seu fechamento.

(28) Apresente um circuito capaz de realizar a seguinte função de transferência:

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{10}{s^2}$$

(29) **<u>REALIMENTAÇÃO NEGATIVA</u>** - Determine o valor do ganho **A** do amplificador a seguir para que se obtenha 10V na saída quando V_i = 1V. Considere **β=0,01**.



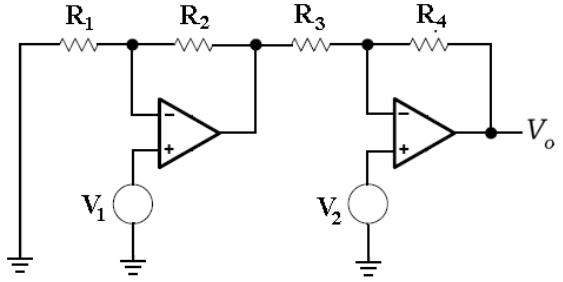
(30) Projete um circuito para realizar a seguinte operação

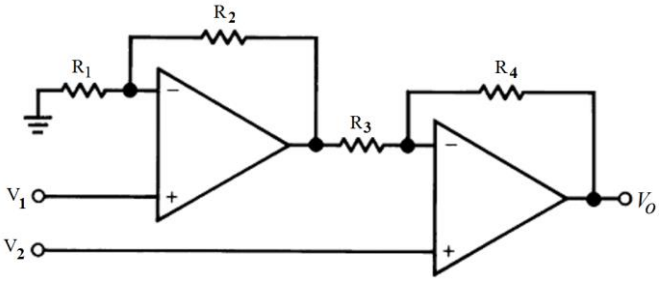
$$-y = \frac{1}{10}(5x_1 + 3x_2)$$

(31) COMPUTADOR ANALÓGICO - Por meio *computação analógica*, implementado com amplificadores operacionais, encontre a solução para a *equação diferencial* a seguir. Projete um circuito usando amplificadores operacionais capaz de fornecer a solução para a *equação diferencial* proposta.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + K_1\frac{dx}{dt} + K_2x - x_1 = 0$$

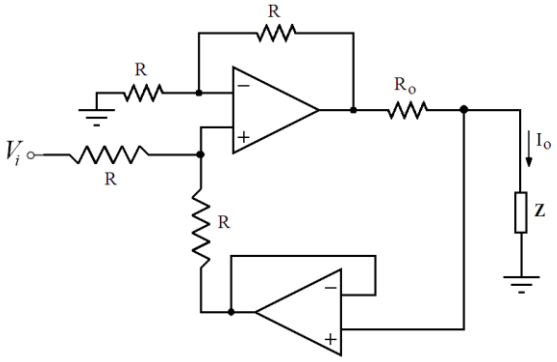
(32) Encontre a expressão para a saída V_o em função das entradas V_1 e V_2, ou seja, $V_o = f(V_1, V_2)$. Sugira aplicações.



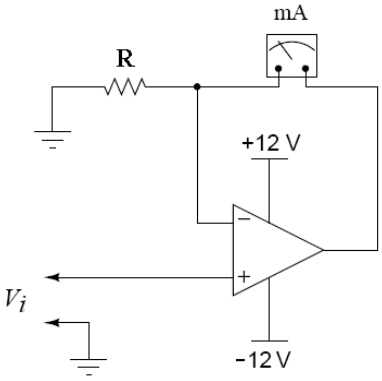


(33) CONVERSOR TENSÃO-CORRENTE & FONTE DE CORRENTE

Mostre que no circuito a seguir $I_o = \dfrac{V_i}{R_o}$. Observe que a corrente I_o não depende da impedancia Z. Sugira algumas aplicações para este circuito.



(34) VOLTÍMETRO ANALÓGICO – O circuito a seguir pode ser utilizado como um voltímetro analógico. Sabendo-se que a escala do miliamperímetro utilizado varia de 0-10mA determine os valores de R para que este voltímetro seja capaz de medir tensões na faixa de **0-1V** e **0-10V**. Como você acrescentaria 2 resistores ao circuito mostrado na figura abaixo para possibilitar a medição de tensões na faixa de **0-100V**?



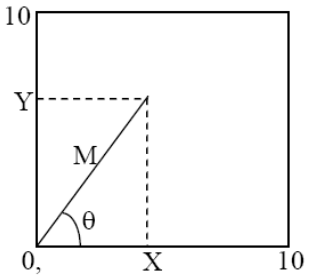
(35) Um engenheiro trabalhando em um determinado projeto necessita obter uma tensão de saída em função de uma tensão de entrada que satisfaça a relação a seguir:

$$Y = \frac{1}{3} X^{2,5}$$

Considere que você foi contratado como estagiário para este projeto e lhe foi entregue a tarefa de resolver este problema. Considere que ***Y é a tensão de saída*** e ***X é a tensão de entrada***. Projete um circuito capaz de realizar a operação solicitada.

(36) CONVERSOR DE COORDENADAS RETANGULARES PARA COORDENADAS POLARES

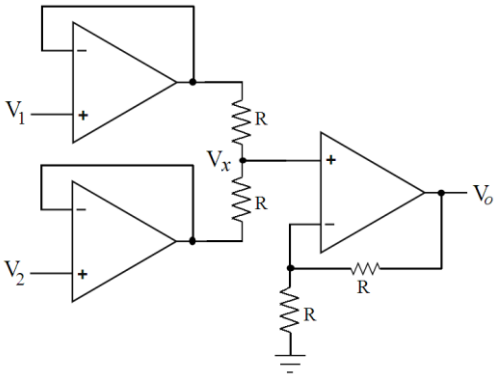
Na empresa, há uma máquina que realiza furos automáticos em placas de circuito impresso, capaz de fazer um furo em qualquer posição (X,Y) de um plano limitado. Os sensores de posição da máquina retornam os valores das coordenadas X e Y em tensões de 0 a 10 Volts. Isto é, $X \in [0,10]$ *e* $Y \in [0,10]$. Seu chefe te pede que projete um circuito que converta este sistema de coordenadas retangulares no sistema de coordenadas polares. Isto é, calculando os sinais M e θ, onde M é o módulo e θ é o ângulo com a horizontal, ambos dados em Volts.



a) Projete um circuito que tenha como entradas os sinais X e Y e forneça como saída os sinais M e θ.

Dica: $\arctan(x) \cong \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x^{1,21}}{1+x^{1,21}}$, $x > 0$

(37) Encontre a expressão para V_o em função das entradas V_1 e V_2, ou seja, $V_o = f(V_1, V_2)$. Determine V_x. Sugira uma aplicação.



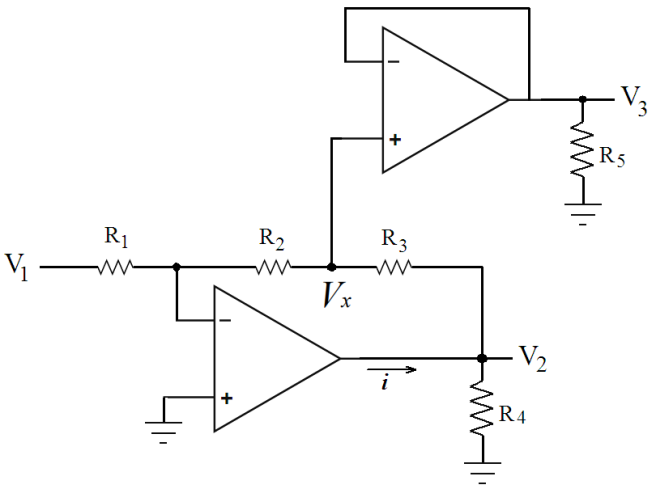
(38) MÉDIA ARITMÉTICA E MÉDIA GEOMÉTRICA

Apresente circuitos capazes de produzir a ***média aritmética*** entre 3 tensões V_1, V_2 e V_3 e a ***média geométrica*** entre duas tensões V_1 e V_2.

(39) Os logaritmos possuem propriedades interessantes, que podem ser exploradas em circuitos eletrônicos para executar determinadas operações complexas. Projete um amplificador não inverso com ganho igual a:

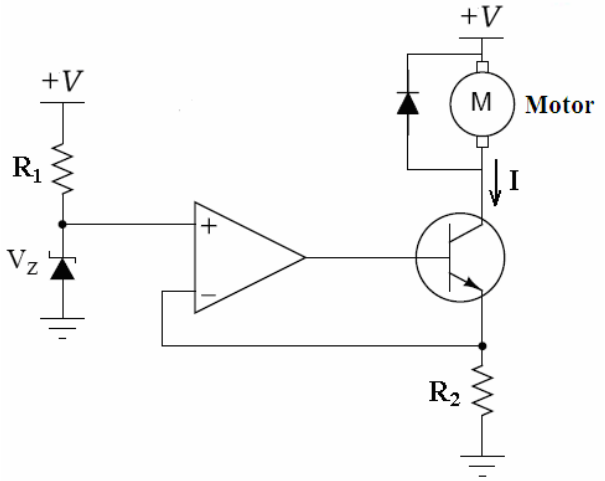
(a) $\mathbf{10^{(2\ \log 3)}}$ (b) $\mathbf{10^{(\log 12\ -\ \log 4)}}$ (c) $\mathbf{e^{(Ln3+Ln5)}}$

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



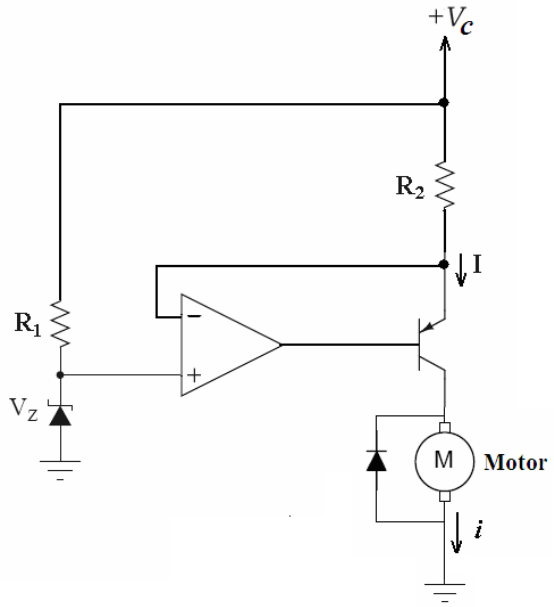
(41) Fonte de corrente constante – Carga flutuante.

Determine os valores dos resistores R_1 e R_2 para que circule uma corrente de 10 mA pelo diodo zener e uma corrente *i*=500 mA pelo motor DC. Considere que o transistor possui um β=200 e V_Z=3V. Determine a potência de dissipação no transistor, no diodo zener, no resistor R_2 e a corrente de saída no amplificador operacional. Considere +V=15V e o motor operando em ***500mA@9V***. Justifique a funcionalidade do diodo em paralelo com o motor.

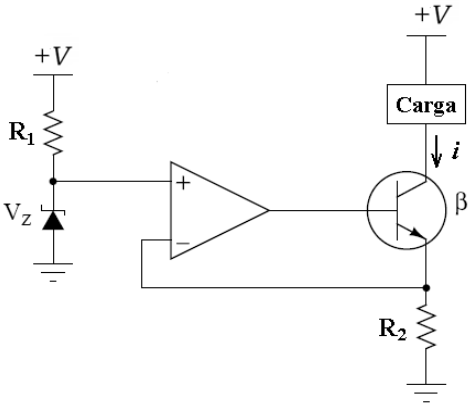


(42) Fonte de corrente constante – Carga aterrada.

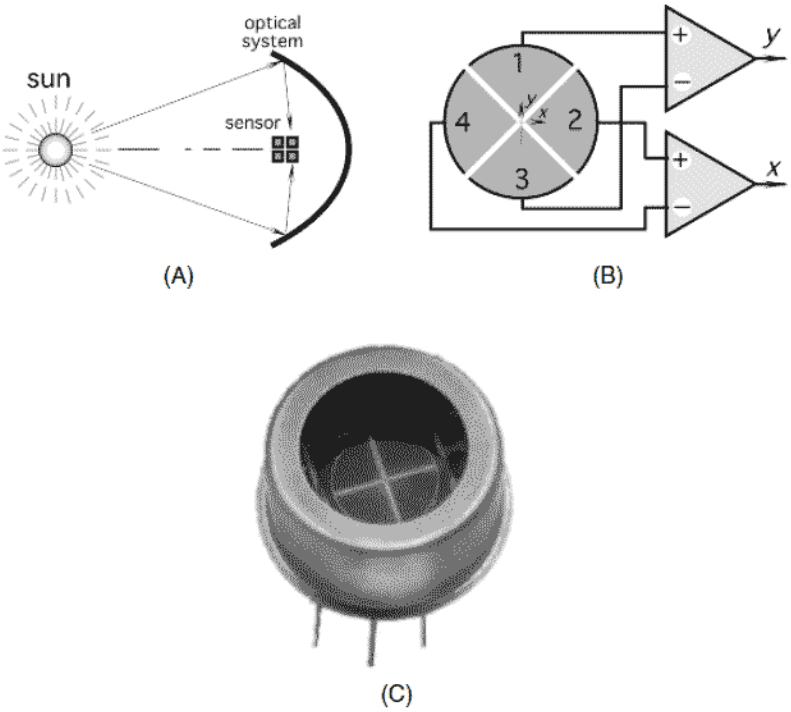
Determine os valores dos resistores R_1 e R_2 para que circule uma corrente de 10 mA pelo diodo zener e uma corrente *i*=500 mA pelo motor DC. Considere que o transistor possui um β=200 e V_Z=12V. Determine a potência de dissipação no transistor, no diodo zener, no resistor R_2 e a corrente de saída no amplificador operacional. Considere V_C=15V e o motor operando em ***500mA@9V***. Justifique a funcionalidade do diodo em paralelo com o motor.



(43) CORRENTE CONSTANTE – O circuito a seguir é utilizado quando se deseja aplicar uma corrente constante a uma carga qualquer. Determine o valor da expressão para a corrente ***i***. Deseja-se construir um carregador de bateria usando este circuito. Considere que a carga é uma bateria recarregável e projete os valores dos componentes para torná-lo um carregador de bateria com corrente constante de 50 mA. Qual a função do transistor neste circuito? Substitua o transistor bipolar por um transistor MOSFET.

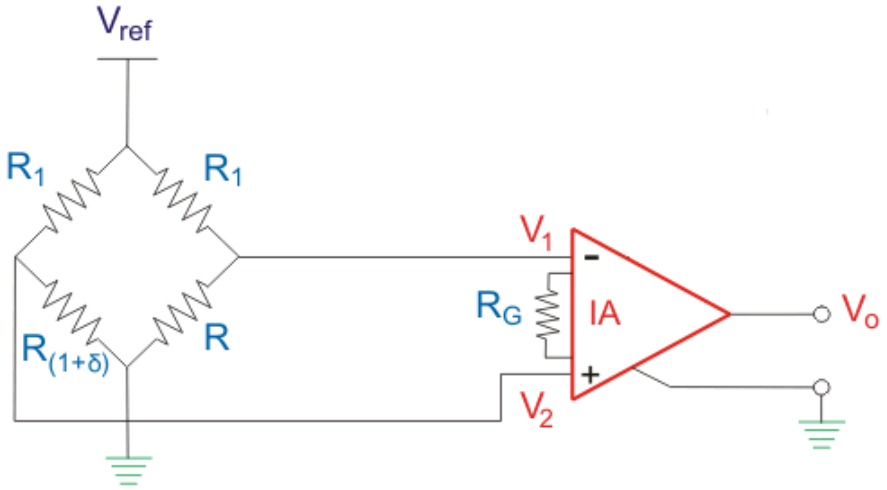


(**44**) ***PONTE OPTICA*** **-** O conceito de um circuito ponte óptica, como uma ponte de Wheatstone clássica, é empregado em muitos sensores. Um fotodector de quatro-quadrantes consiste de quatro fotodetectores de luz, ligados em um circuito como uma ponte. Considere o sistema de posicionamento de um telescópio. Uma imagem do sol ou qualquer outro objeto suficientemente brilhante é focada por um sistema óptico (um telescópio) em um quatro-quadrante fotodetector. As partes opostas do detector são conectadas às entradas correspondentes dos amplificadores de diferença conforme diagrama a seguir. Cada amplificador produz o sinal de saída proporcional para um deslocamento da imagem do centro ótico do sensor ao longo de um eixo correspondente. Quando a imagem está perfeitamente centralizada, ambos os amplificadores produzem saídas igual a zero. Isto pode acontecer somente quando o eixo óptico do telescópio passa através do objeto. Como você usaria este sistema para posicionar um painel solar sempre apontando para o sol?



(**45**) PONTE DE WHEASTONE & AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO

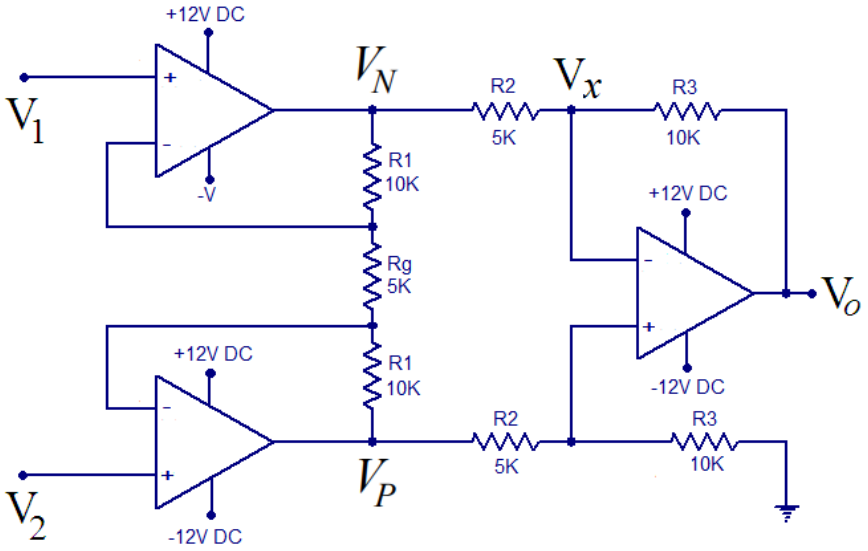
No circuito a seguir um dos braços da *ponte Wheastone* é representado por um sensor cuja resistência é variável em função da grandeza física a ser medida. Determine a expressão na saída V_o. Sugira algumas aplicações.



(**46**) **AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO**

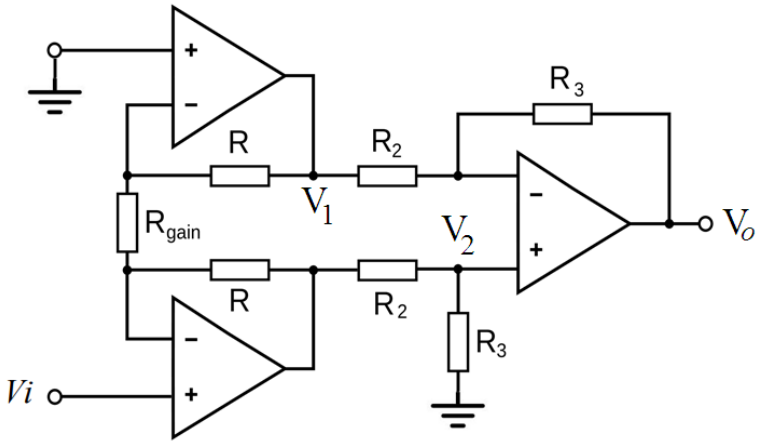
(I) Expresse o *ganho de tensão* em *db*. (II) Determine V_N, V_P, V_x e V_o quando V_1=600mV e V_2=700mV.

(III) Destaque 3 propriedades deste tipo de amplificador. (IV) Sugira algumas aplicações.

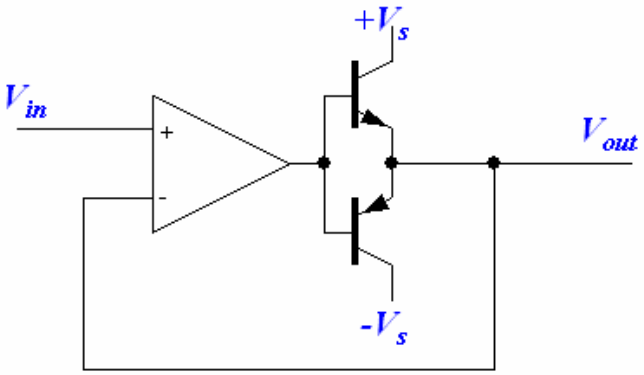


(**47**) **AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO**

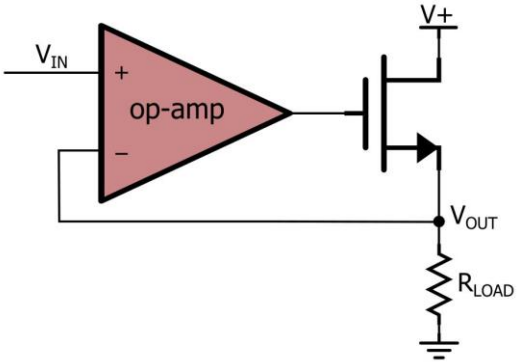
Determine as tensões nos pontos V_1, V_2 e V_o.



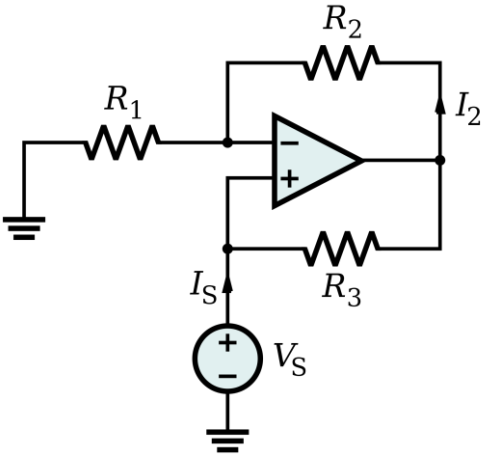
(**48**) **AMPLIFICADOR DE POTÊNCIA** - Explique o princípio de funcionamento do cirtcuito a seguir. Qual a funcionalidade dos transistores. Sugira algumas aplicações. Considere o circuito a seguir com um sinal senoidal na entrada $V_{in} = V_p \sin \omega t$ aplicado a uma carga resistiva na saída. Determine a expressão da tensão na saída.



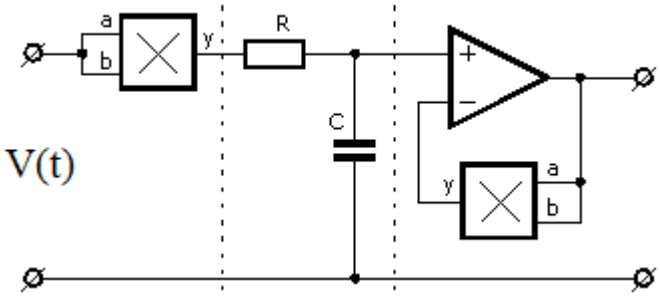
(**49**) O circuito a seguir é usado para fornecer correntes de valores elevados para uma carga na saída de um amplificador operacional. Explique o funcionamento do circuito mostrado na figura a seguir e sugira uma aplicação.



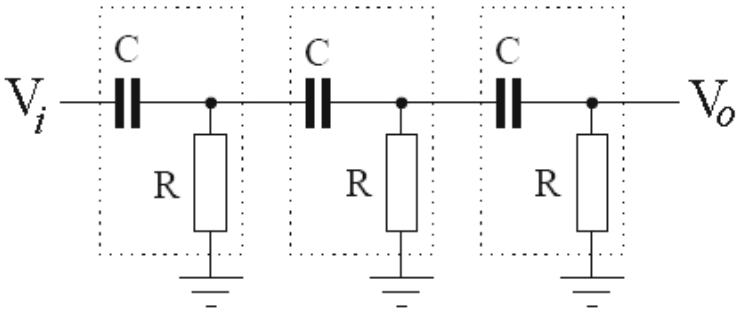
(**50**) Determine a expressão para o cálculo da corrente I_2 e I_S.



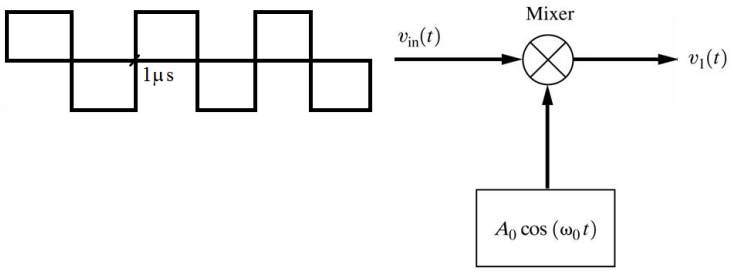
(**51**) Determine a funcionalidade do circuito mostrado na figura a seguir.



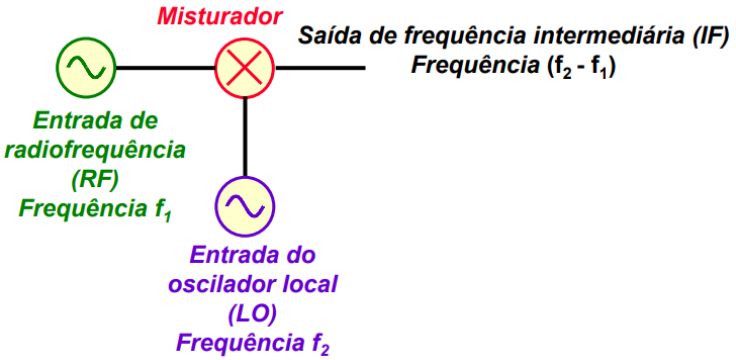
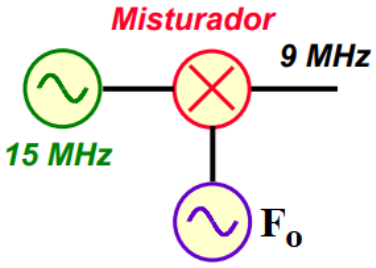
(**52**) Considererando o circuito a seguir, determine a frequência na qual pode se obter um sinal *cosenoidal* na saída a partir de um sinal *senoidal* aplicado na entrada. Determine a atenuação do sinal na saída nesta frequência.



(**53**) **MULTIPLICADORES ANALÓGICOS** - Multiplicadores podem ser usados como misturadores em receptores super heterodino. Misturadores (*mixer*) são dispositivos não lineares muito usados em sistemas de comunicação para produzir a translação (conversão) de uma frequência para outra. Determine as frequências presentes na saída do misturador (*mixer*) mostrado no circuito a seguir, onde um dos sinais é senoidal e o outro uma onda quadrada. Considere $\omega_o = 4\pi 10^6 rd/s$.



(**54**) Uma das aplicações dos misturadores em circuitos para comunicações consiste na translação de frequência do sinal recebido para uma **F**requência **I**ntermediária (**FI**) antes do processo de demodulação em si no estagio de sintonia. As Frequências Intermediárias (FI) mais comuns utilizados para receptores comerciais estão em torno de 455 kHz em receptores AM e 10,7 MHz nos receptores FM. A figura a seguir ilustra o uso de um misturador (*mixer*) para obtenção da FI em um receptor super heterodino. Supondo que o oscilador local gera um sinal senoidal na frequência de 111,8 MHz, determine a frequência da estação de rádio em FM sintonizada.



(**55**) Quais as possíveis frequências para F_o?