



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

LISTA DE EXERCÍCIOS #10

(1) AMPLIFICADORES SINTONIZADOS – Aplicação em Pesquisa Biológica

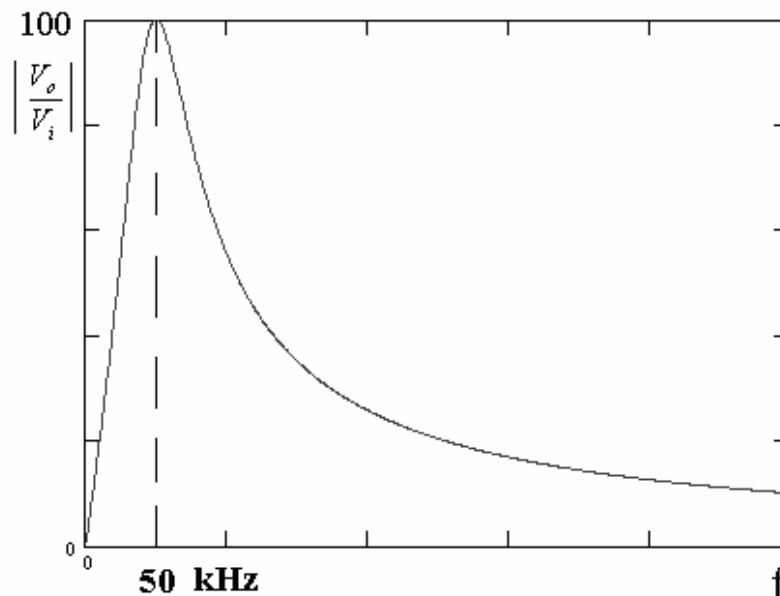
Basicamente, um *amplificador sintonizado* pode ser considerado como um *amplificador com um filtro passa-faixa*. Estes circuitos são úteis para amplificação de sinais de banda estreita e apresenta uma resposta tipicamente passa-faixa.

Um biólogo, interessando no estudo de certa espécie de morcego, precisa de um amplificador capaz de captar sons emitidos por estes animais.

Circuitos detectores de morcegos são usados para detectar a presença destes animais como também para a realização de pesquisas e estudos sobre as suas espécies. Os morcegos usam ultrassom para se guiarem (ecolocalização) e se comunicarem entre si. Os morcegos emitem ultrasons numa faixa de frequência de 15kHz a 120kHz, dependendo da espécie. Cada espécie possui a sua faixa específica de frequência. Por exemplo, foi observado que a espécie Daubenton's [Myotis Daubentonii] emite sinais na faixa de 35 a 85kHz e especificamente 50 kHz quando estão procurando alimento.

Suponha que um biólogo esteja interessado no estudo da espécie **Daubenton's [Myotis Daubentonii]** e solicite a você o projeto de um *amplificador sintonizado* que possa ser usado para amplificar sinais na faixa de frequência emitida por esta espécie.

Projete um circuito para esta aplicação específica.



(2) Um engenheiro mediu as frequências -3dB de um seletor de frequências como 9,34 kHz e 10,21 kHz. Determine a *frequência ressonante* e o *fator de qualidade* do filtro Q.

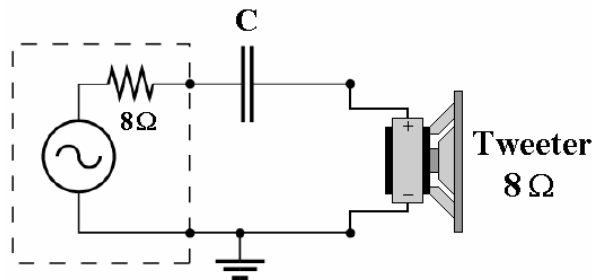
(3) Filtro em cascata

Deseja-se conectar quatro filtros passa baixa iguais em cascata para uso em um amplificador de áudio. Qual deve ser a **frequência de corte individual de cada filtro** para que a resposta de corte do conjunto de filtros seja de 20 kHz?

(4) Filtro Passivo

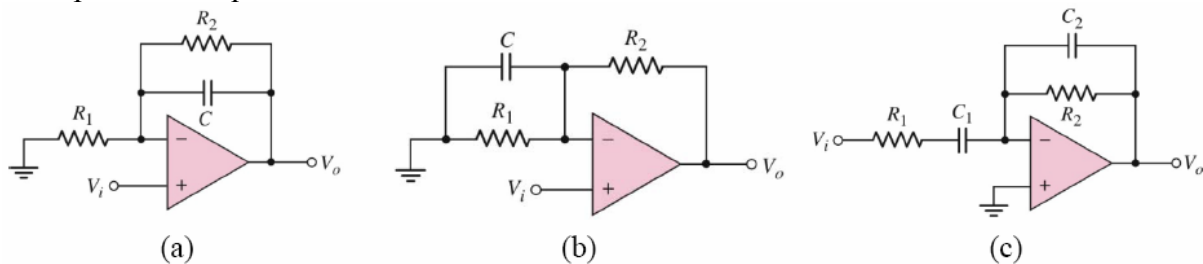
Tweeter é um alto-falante de dimensões reduzidas usado para reproduzir a faixa de alta frequência do espectro audível, ou seja, os sons mais agudos.

Você é solicitado a ligar um amplificador de áudio a um tweeter. O manual do alto falante diz que sua impedância de entrada é 8Ω , e que você deve atenuar sinais de frequências menores do que 1 kHz. Você recorre a um **filtro passivo passa alta** e decide usá-lo para atenuar as componentes de frequências mais baixas. A figura a seguir representa um **amplificador de potência** conectado a um **tweeter** por um capacitor C. Observe que o capacitor, juntamente com o tweeter, configura um filtro passa alta. Determine o valor do capacitor C.



(5) Filtros Ativos

Encontre a função de transferência para cada filtro a seguir. Classifique-o e encontre as respectivas frequências de corte.



(6) Filtros Ativos

- Determine a **função de transferência** $H(s)$ para cada filtro mostrado a seguir.
- Classifique os filtros elétricos a seguir (**passivo, ativo, passa-baixa, passa-faixa, passa-alta, rejeita-faixa, passa tudo, ordem do filtro**);
- Encontre as frequências correspondentes (corte, central e faixa de passagem).

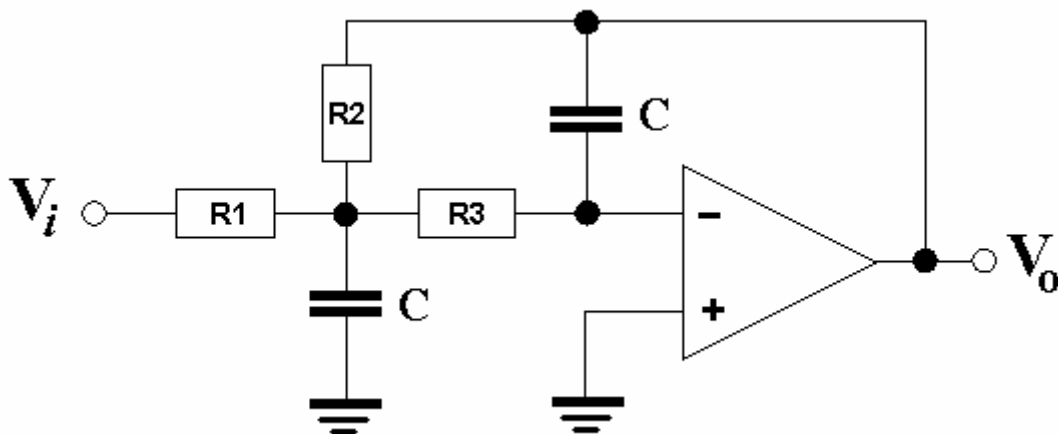


Figura A

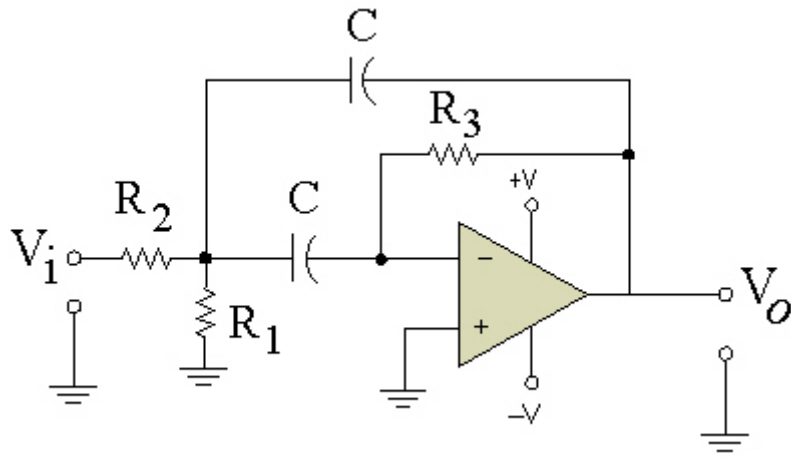


Figura B

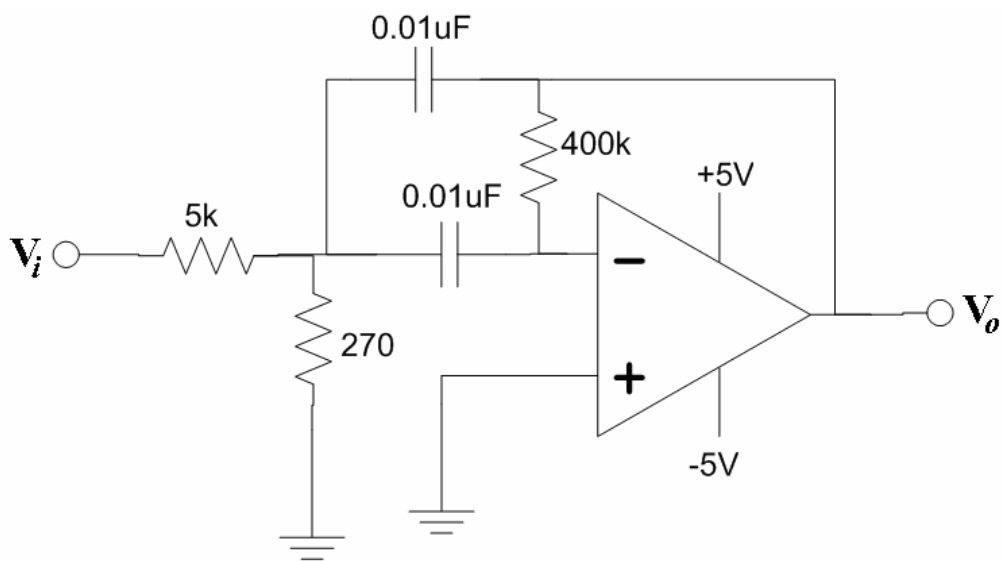


Figura C

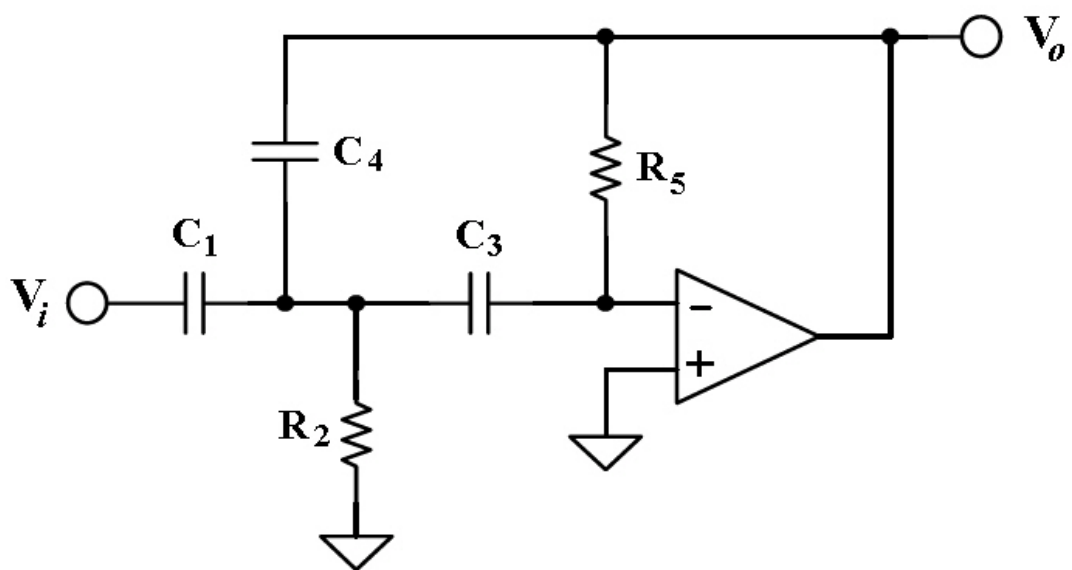


Figura D

(7) Afinador Musical.

Projete um *filtro ativo passa-faixa de quarta ordem* para funcionar como afinador de instrumentos musicais para a nota musical LÁ (440 Hz). Este filtro deverá fornecer a máxima saída quando a nota LÁ for executada por qualquer instrumento musical que se deseja afinar.

(8) FILTROS ELÉTRICOS – Aplicação em Áudio

Filtro para alto falantes de graves - subwoofer.

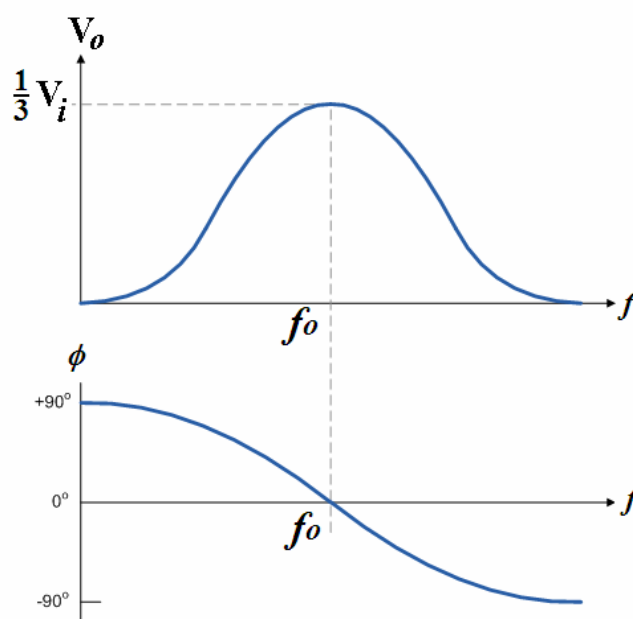
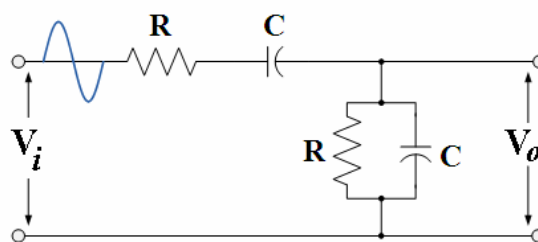
Subwoofer é um tipo de alto-falante usado para reproduzir frequências baixas (sons graves e sub-graves), geralmente abaixo de 100Hz. O nome é dado devido a sua reprodução estar abaixo da reprodução dos *woofers*. Como nesta faixa de frequência o cone precisa movimentar muito ar, são alto-falantes de diâmetro grande e alta excursão do cone.

Normalmente os *subwoofer* têm internamente circuitos eletrônicos divisores de frequência passivos para que só os graves sejam passados para o alto-falante.

Projete um *filtro passa-baixa de segunda ordem* capaz de filtrar os sinais de áudio enviados a um alto falante do tipo *subwoofer*.

(9) Filtro Passa-Faixa.

Determine a função de transferência $H(s)$ para o filtro mostrado na figura a seguir com os seus respectivos diagramas de Bode. Classifique-o e encontre o valor da frequência central f_o . Determine o fator de qualidade Q . Em que frequência a saída será a metade do sinal de entrada.



(10) Sintetizador de sinais harmônicos.

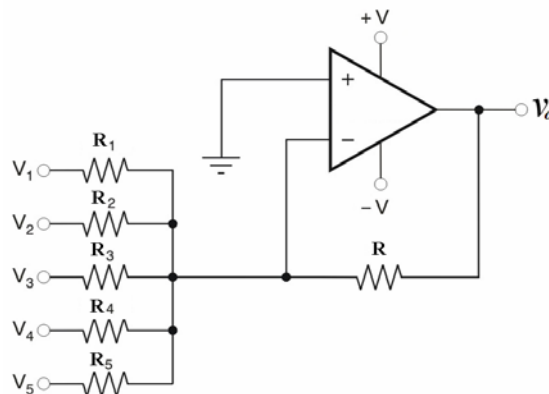
Baseado na afirmação feita pelo matemático francês *Jean Baptiste Joseph Fourier* que diz: “*Qualquer função periódica pode ser escrita como uma soma de senos e cossenos*” você pode projetar um sintetizador de som básico adicionando um número de ondas senoidais para gerar diversas formas de onda (dente de serra, quadrada, triangular, som do violino, clarineta, sax). A receita exata para gerar uma forma de onda particular é dada pela análise de Fourier. Por exemplo, para sintetizar uma forma de onda do tipo *dente de serra* em 100Hz, a análise de Fourier diz-nos que os ingredientes são como segue:

$$V(t) = \sin(2\pi 100\text{Hz } t) + (1/2) \sin(2\pi 200\text{Hz } t) + (1/3) \sin(2\pi 300\text{Hz } t) + \dots$$

Para sintetizar uma forma de onda do tipo *onda quadrada* em 100Hz, a análise de Fourier diz-nos que as componentes devem ser como segue:

$$V(t) = \sin(2\pi 100\text{Hz } t) + (1/3) \sin(2\pi 300\text{Hz } t) + (1/5) \sin(2\pi 500\text{Hz } t) + \dots$$

Baseado nestas informações e com o circuito somador mostrado na figura a seguir determine os valores dos resistores capazes de sintetizar as seguintes formas de ondas: *dente de serra*, *quadrada* e *triangular*, com 5 componentes harmônicas, a partir de senóides com amplitudes de 1V e frequências de 100, 200, 300, 400, 500, 700 e 900 Hz, respectivamente.



(11) Sabendo-se que a nota musical mais grave de um piano [primeira nota] corresponde a nota LÁ A0 [27,5 Hz] qual a frequência da nota musical seguinte? A partir desta informação calcule a frequência da última nota musical do piano **C8** ?

(12) Considerando que a *velocidade do som no ar* vale aproximadamente **1.200 Km/h**, qual deve ser a *dimensão física mínima* que uma sala deve possuir para se obter uma *boa reprodução* de um tom de **33 Hz** ?

(13) Os receptores de radio FM utilizam a frequência padronizada de 10,7 MHz como frequência intermediária [FI] para demodular o sinal FM recebido da estação que se deseja sintonizar. Neste padrão, um receptor de radio FM usando um filtro passa-faixa com frequência central $f_0=10,7 \text{ MHz}$ (FI - *Frequência Intermediária*) requer uma faixa de passagem de **200 KHz**. Determine o valor do *fator de qualidade Q* necessário para este circuito.

(14) Deseja-se conectar um cabo coaxial com impedância de 50Ω a um circuito RLC paralelo. Para que haja casamento de impedância *projete um circuito* RLC paralelo que apresente uma carga de 50Ω na frequência central de 5MHz com faixa de passagem de 100kHz. Determine o fator de qualidade Q e as respectivas frequências de corte inferior e superior.

(15) Filtros Elétricos – Funções de Transferências $H(s)$

Uma das maneiras possíveis de se caracterizar um sistema é pela sua resposta em frequência, que é a resposta de regime permanente para excitação senoidal, quando a frequência varia de zero a infinito. Desta forma, para estudar a resposta em frequência, basta analisar o comportamento da função de transferência $H(s)$.

Para cada item a seguir classifique o tipo de filtro correspondente e *projete um circuito* capaz de realizar as respectivas funções de transferências. Determine a *frequência central f_o* e o *fator de qualidade Q* para o filtro expresso pela função de transferência mostrada no item (D) a seguir.

(A) $H(s) = 50 \frac{1}{s + 10}$

(B) $H(s) = 50 \frac{s}{s + 10}$

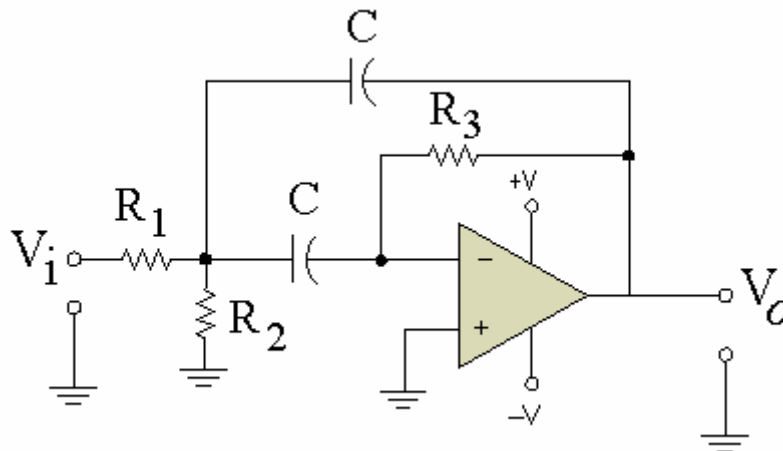
(C) $H(s) = \frac{0,25}{s^2 + s + 0,25}$

(D) $H(s) = 10^3 \frac{s}{s^2 + 10^3 s + 10^7}$

(16) Filtro Eletrônico

Classifique o filtro eletrônico a seguir. Determine a frequência central, faixa de passagem, frequências de corte, fator de qualidade Q , ganho e ordem do filtro. Escreva a função de transferência $H(s)$ correspondente.

Considere $R_1=68k\Omega$, $R_2=2,7k\Omega$, $R_3= 180k\Omega$ e $C = 10nF$.



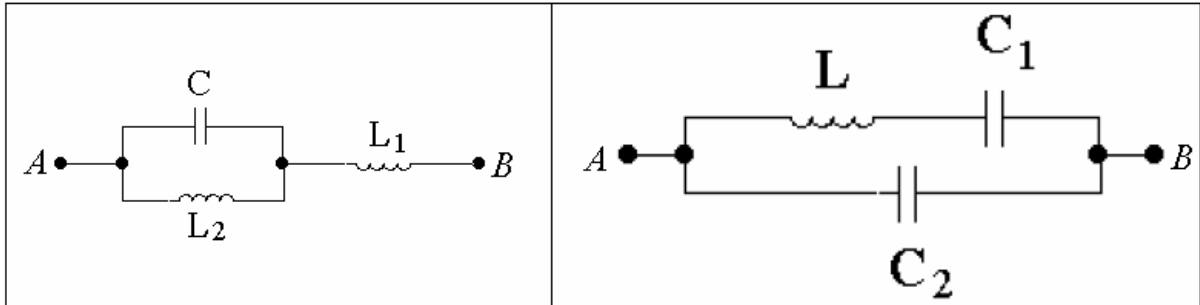
(17) Quanto *tempo*, em minutos, leva para se armazenar 0,001 Joules de *energia* em um capacitor de $100\mu F$ alimentado com uma *fonte de corrente* constante de $1\mu A$? Qual deveria ser o valor da fonte de corrente para se armazenar esta mesma quantidade de energia em apenas 1 segundo?

(18) OSCILADOR PONTE DE MEACHAM

O oscilador a ponte Meacham é em geral utilizado em altas frequências. Na prática, o circuito sintonizado série da ponte é substituído por um cristal de quartzo, cujo circuito equivalente é um circuito sintonizado série. Mostre o diagrama para o circuito do *oscilador Meacham* e explique o seu princípio de funcionamento.

(19) MÚLTIPLA RESSONÂNCIA

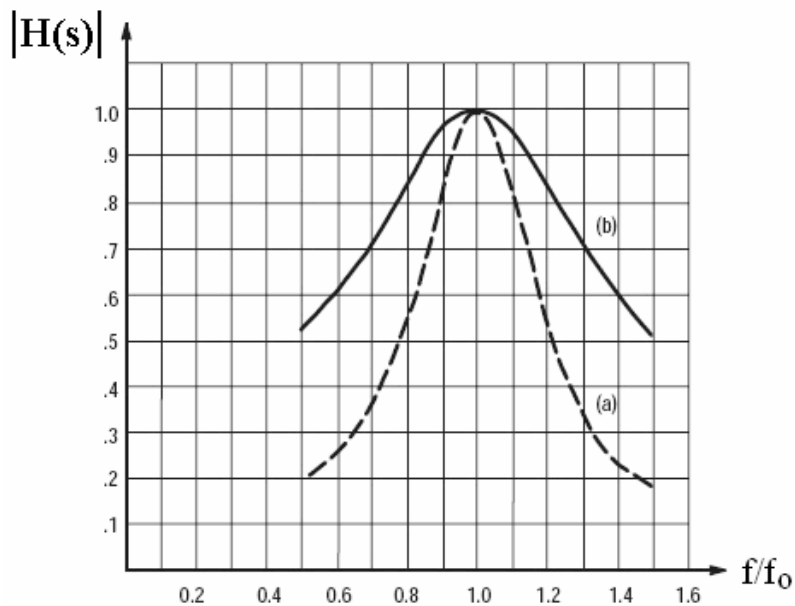
É possível um circuito ser **ressonante** em uma frequência e **anti-ressonante** em outra. Os circuitos mostrados a seguir, conhecidos como “**wave trap**” [armadilha] podem ser usados para **permitir a passagem** [curto circuito] de um sinal em uma determinada frequência e **rejeitar** [circuito aberto] um sinal interferente em uma outra frequência. Encontre a impedância Z_{AB} entre os pontos A e B. Observe que existe uma frequência que torna $Z_{AB} = 0$ [curto circuito] e uma frequência que torna $Z_{AB} = \infty$ [circuito aberto]. Determine essas duas frequências para cada circuito a seguir.



(20) O gráfico a seguir representa a resposta em frequência para dois filtros passa-faixas. Qual das duas curvas representa o circuito com maior fator de qualidade Q? A partir do gráfico

$$\frac{Q_a}{Q_b} ?$$

determine qual é a relação entre os fatores de qualidade $\frac{Q_a}{Q_b}$



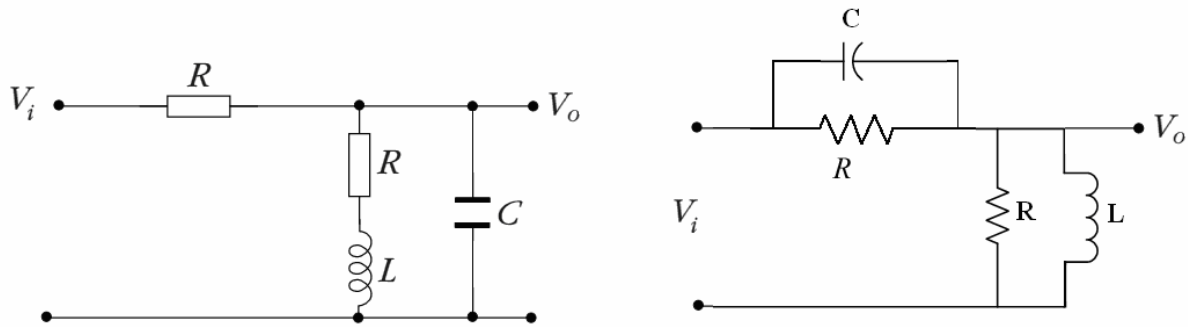
(21) Um **circuito ressonante paralelo** possui $R = 5000 \Omega$, $L = \frac{1}{2\pi} mH$ e $C = \frac{1}{80\pi} \mu F$. Determine o **fator de qualidade Q** e a **faixa de passagem** deste circuito?

(22) Apresente um filtro elétrico cuja função de transferência $H(s)$ seja igual a $H(s) = \frac{10^{10} s}{s^2 + 10^4 s + 10^{12}}$. Determine a frequência de ressonância, ganho, faixa de passagem, fator de qualidade e as respectivas frequências de corte inferior e superior para este circuito.

(23) Função de Transferência – Resposta em frequência

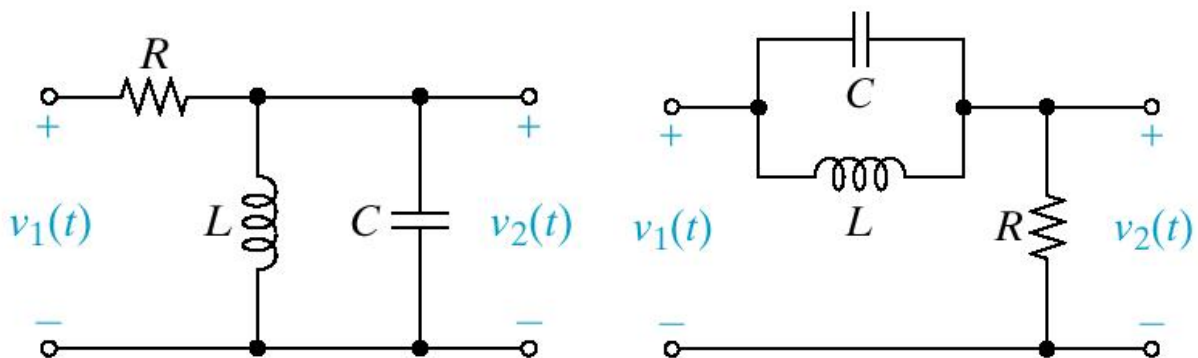
Um filtro elétrico tem como função selecionar ou rejeitar uma faixa de frequência de um sinal elétrico. Os filtros constituem uma das aplicações mais comuns da eletrônica, sendo amplamente utilizados na aquisição e processamento de sinais de áudio, vídeo e de dados, em sistemas de alimentação, de telecomunicações, de controle e instrumentação. As características e propriedades de um filtro elétrico são determinadas pela sua função de transferência.

Os diagramas a seguir representam os esquemas de dois filtros elétricos. Encontre a função de transferência $H(s)$. Determine os pólos e zeros. Classifique-os como filtros [passa baixa, passa alta, passa faixa, rejeita faixa]. Apresente o Diagrama de Bode.

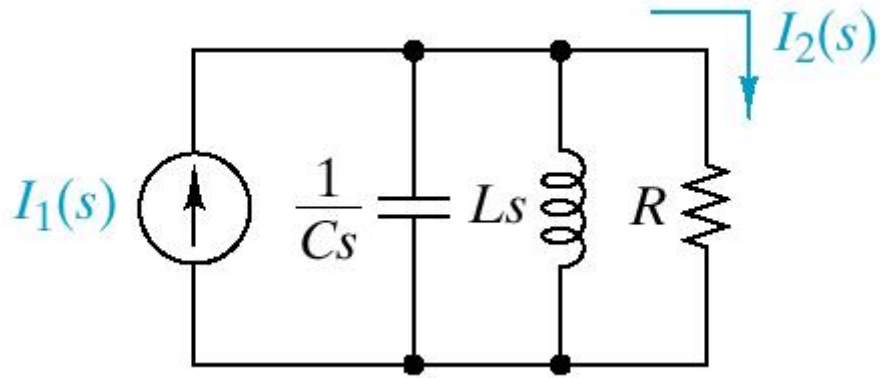


(24) A utilização de circuitos ressonantes é bastante ampla. Indutores e capacitores são largamente usados em radiocomunicações na construção de circuitos ressonantes, acoplamentos, filtros, osciladores e amplificadores sintonizados. Um circuito passivo contendo indutores e capacitores está em ressonância quando a sua *parte reativa* (parcela imaginária da impedância) é nula. Na ressonância, a corrente de entrada está em fase com a tensão. O aumento no valor do parâmetro Q aumenta a seletividade do circuito, que é a sua capacidade de responder a uma faixa de frequências desejadas e discriminar outras. Esta é a razão do fator Q ser chamado de **fator de qualidade**. Os circuitos ressonantes normalmente são usados como filtros devido a sua característica de poder separar frequências indesejáveis de frequências de interesse.

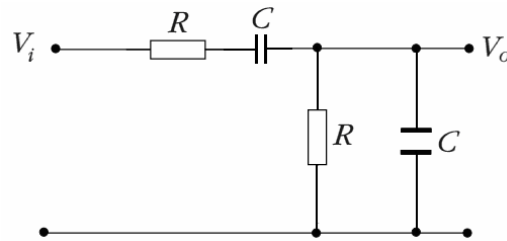
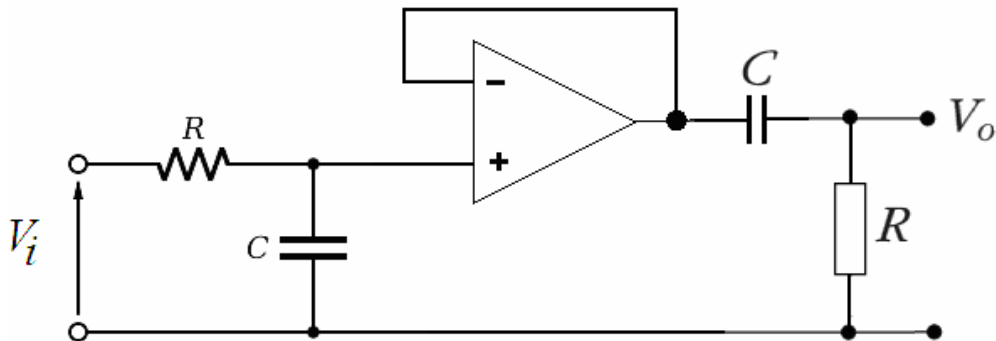
Encontre a **função de transferência** $H(s)$ para os circuitos a seguir, classificando-os como filtros. Sugira uma aplicação para cada circuito. Determine o valor da saída, em cada caso, na frequência de ressonância.



(25) Qual a relação entre $I_1(s)$ e $I_2(s)$ na ressonância.



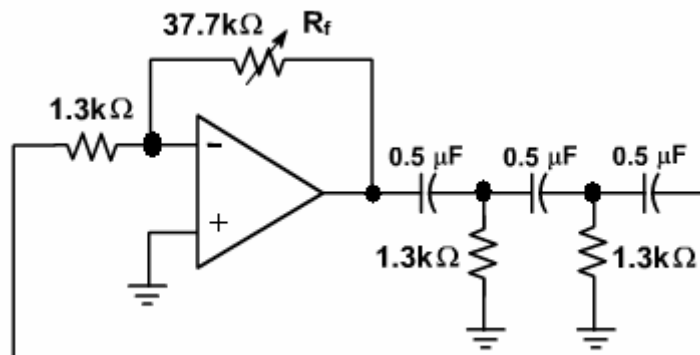
(26) Escreva a **função de transferência $H(s)$** para cada circuito a seguir. Classifique-os como filtros e determine, **numericamente**, os respectivos valores dos seus **fatores de qualidade Q** . Compare a **seletividade** e o **ganho** de ambos os filtros.



oscillators

(27) **OSCILADOR SENOIDAL POR DESVIO DE FASE**

Determine a frequência de oscilação.

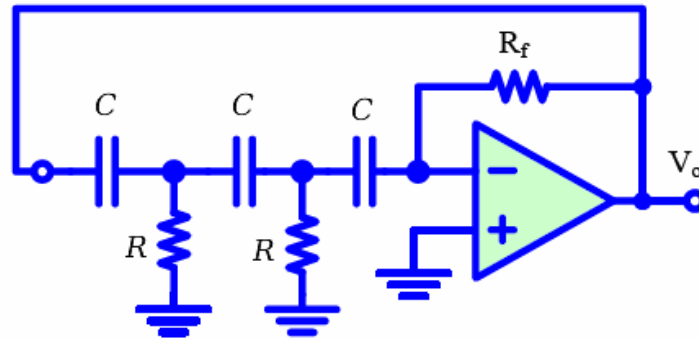


RESPOSTA: 100 Hz

(28) **OSCILADOR SENOIDAL**

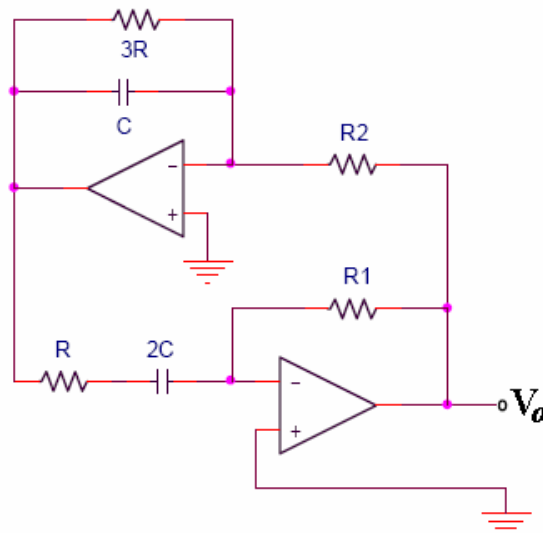
Mostre que o oscilador senoidal apresentado na figura a seguir possui as seguintes condições de oscilação:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{3RC}} \quad R_f = 12R$$



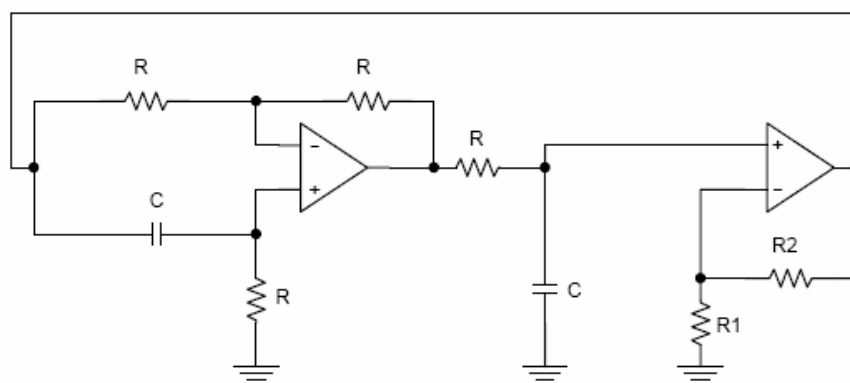
(29) **OSCILADOR SENOIDAL**

Determine a **frequência de oscilação** e a condição de **oscilação** para o circuito mostrado na figura a seguir,



(30) **OSCILADOR SENOIDAL**

- (A) Determine a **frequência de oscilação**.
- (B) Determine R_2/R_1 para que haja **oscilação**.

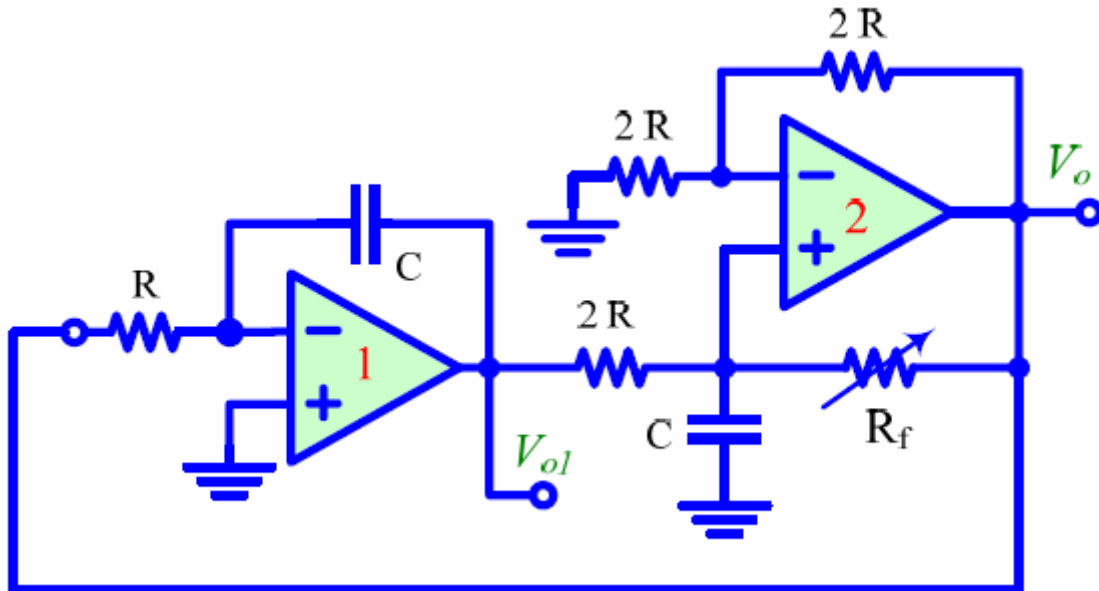


(31) OSCILADOR EM QUADRATURA

O oscilador em quadratura usa dois amplificadores operacionais para produzir simultaneamente duas saídas com sinais senoidais ortogonais, ou seja, em quadratura (*seno e cosseno*).

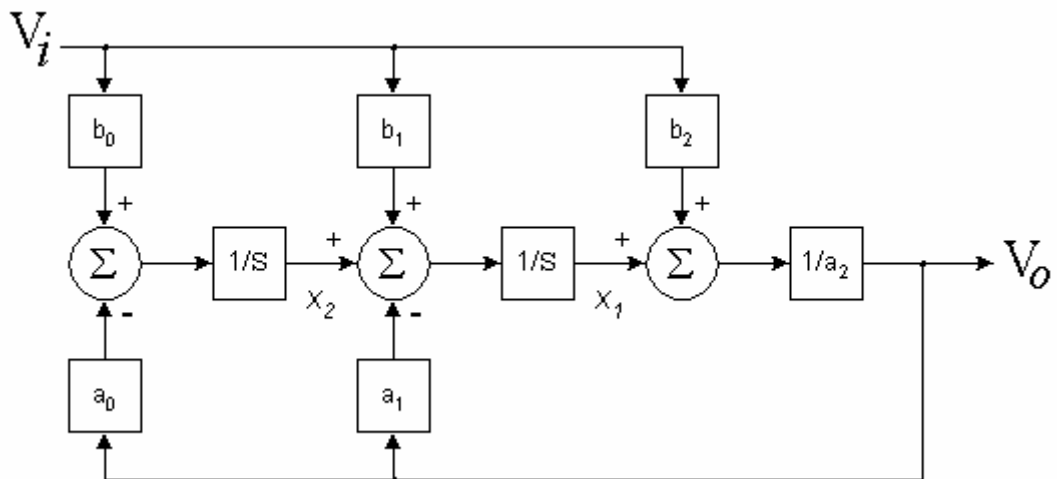
O oscilador em quadratura tem larga aplicação nas áreas de comunicação, controle e instrumentação eletrônica.

Determine a frequência de oscilação e o valor de R_f em função de R .

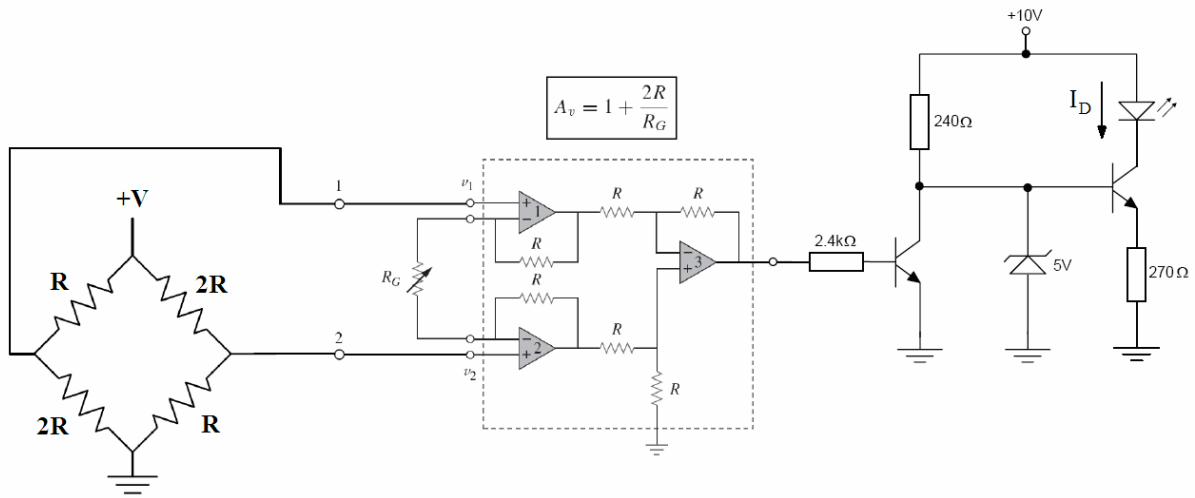


(32) Diagrama de Blocos

Encontre a função de transferências $H(s)$ a seguir.

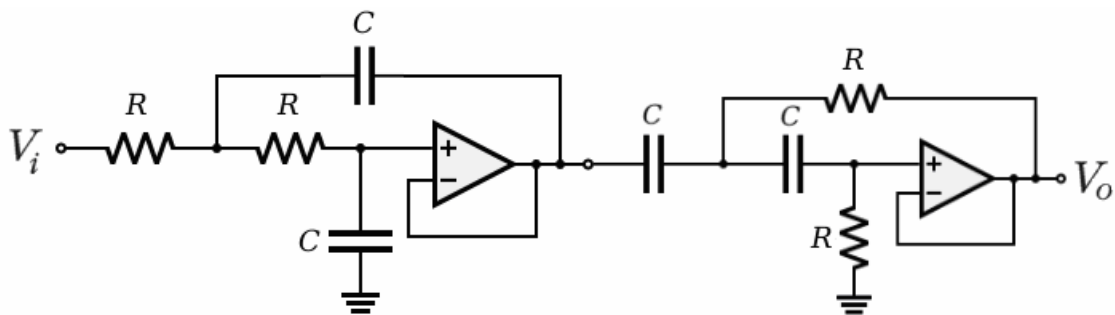


(33) No circuito a seguir, composto de uma *Ponte de Wheastone* com um *Amplificador de Instrumentação*, determine o valor da **corrente I_D** no LED. Considere os transistores iguais com $\beta=250$ e $V_{BE} = 600$ mV.



(34) **FILTRO ATIVO**

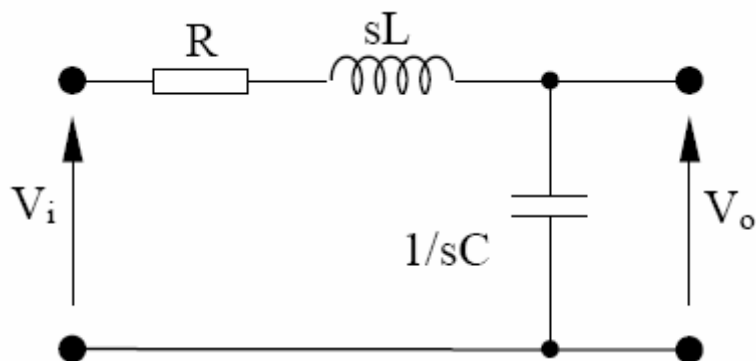
Encontre a função de transferência para o filtro a seguir. Classifique-o.



(35) **FILTRO PASSIVO PASSA-BAIXA DE SEGUNDA ORDEM.**

Mostre que no circuito a seguir a tensão na saída V_o , possui na frequência de ressonância ω_o , o valor de $V_o = QV_i$, onde Q é o fator de qualidade. Determine o valor da tensão na saída V_o quando $V_i = 10\text{sen}\omega_o t$ (Volts).

Considere $\omega_o = 10^5 \text{ rad/s}$, $C = 1\text{nF}$ e $R = 100\Omega$. Determine o valor do indutor L e da tensão sobre o mesmo.

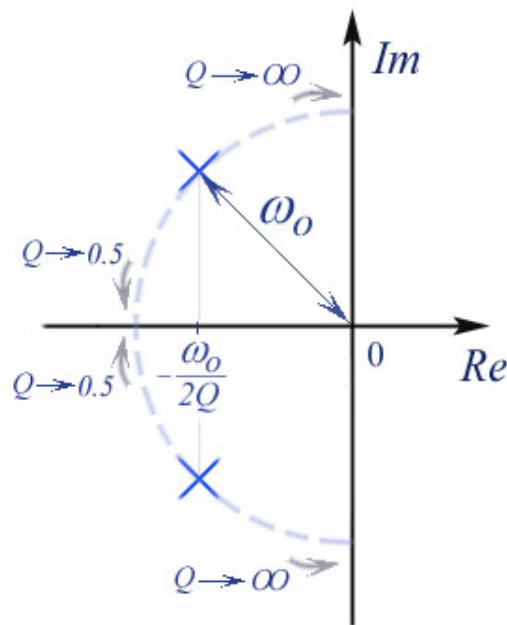


$$\frac{V_o}{V_i}(S) = \frac{\frac{1}{SC}}{R + SL + \frac{1}{SC}} = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} = \frac{\frac{1}{LC}}{S^2 + S\frac{R}{L} + \frac{1}{LC}}$$

$$H(S) = H_o \frac{\omega_0^2}{S^2 + \frac{S\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$$

$$S^2 + \frac{S\omega_0}{Q} + \omega_0^2 = 0 \Rightarrow S = \frac{-\frac{\omega_0}{Q} \pm \sqrt{\frac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2}}{2}$$

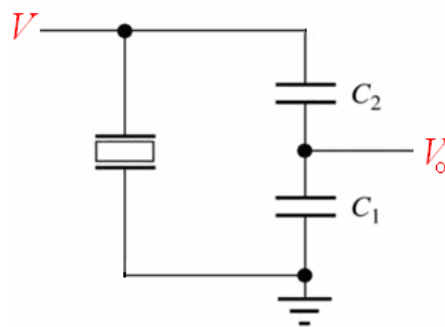
Mostre que se o fator de qualidade Q for superior a 1/2 os pólos complexos conjugados de H(s) se encontram sobre uma semi-circunferência de raio igual a ω_0 .



(36) OSCILADOR SENOIDAL A CRISTAL

O circuito a seguir faz parte de um *oscilador senoidal a cristal*. Considere $V_o = \beta V$.

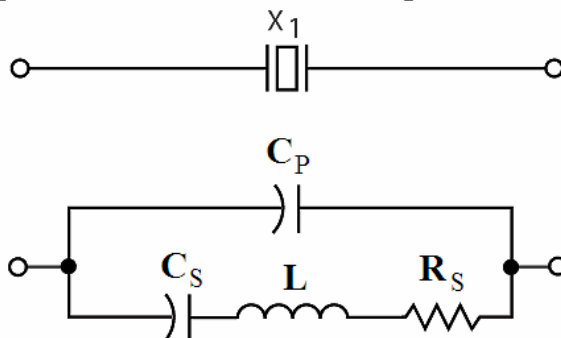
- (A) Determine o valor de β .
- (B) Qual deve ser a impedância do cristal (*indutiva, capacitiva, resistiva*) na região de operação deste circuito. Justifique a sua resposta.
- (C) Complete o circuito usando amplificador operacional para torná-lo um oscilador senoidal.



(37) CRISTAL DE QUARTZO

Um cristal de quartzo de 2 MHz é especificado como tendo $L=0,52H$, $C_s=0,012pF$, $C_p=4pF$ e $R_s=120\Omega$.

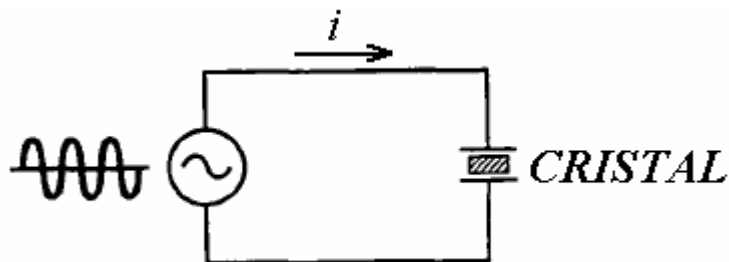
Determine as **frequências de ressonância série, paralela e o fator de qualidade Q**.



(38) CRISTAL DE QUARTZO - MODELO FÍSICO EQUIVALENTE

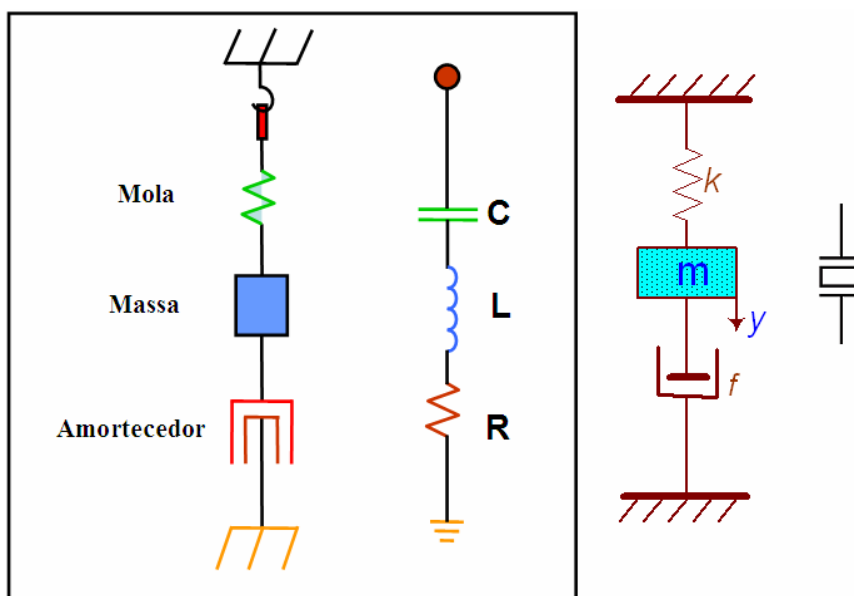
Alguns cristais encontrados na natureza apresentam o efeito piezelétrico, ou seja, quando se aplica uma tensão alternada através dos mesmos, eles vibram na freqüência da tensão aplicada. De maneira inversa, se mecanicamente se obriga a que vibrem, geram uma tensão alternada na mesma freqüência. A corrente alcança seu valor máximo na freqüência de ressonância do cristal.

Alguns materiais que produzem o efeito piezo elétrico são o quartzo, cerâmica, sais de Rochelle e a turmalina.



Quando um cristal não esta vibrando é equivalente a uma capacitância C_m [capacitância do encapsulamento].

Quando esta vibrando segue o modelo mostrado na figura a seguir.



Escreva as equações para os **modelos mecânico e elétrico** do cristal e compare-os entre si. Que associações você pode fazer entre estes parâmetros (mecânicos e elétricos)?

(39) BIOENGENHARIA - EletroCardioGramma (ECG)

AMPLIFICADOR DE SINAIS PARA MEDIÇÃO DE ELETROCARDIOGRAMA

Uma vez que o ECG produz potenciais elétricos muito baixos, é necessário amplificá-los para obter uma amplitude suficiente para que possa ser visualizado ou registrado digitalmente.

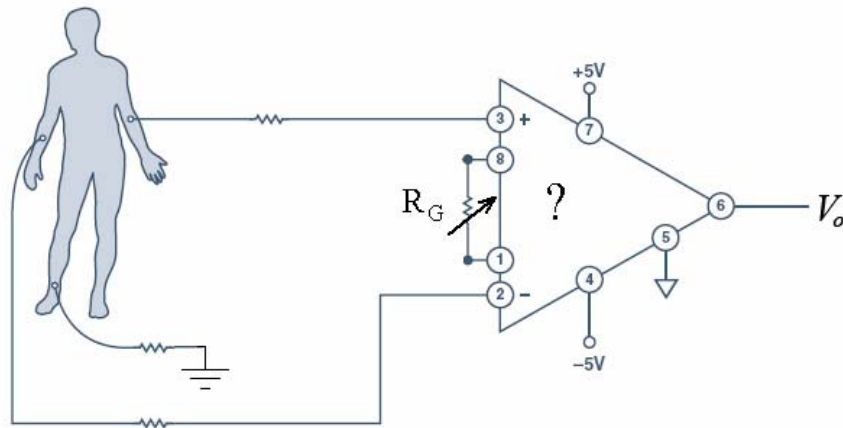
O coração é uma bomba que é ativada pela contração de um músculo em resposta à propagação a mudança de um potencial elétrico ocorrido no tecido cardíaco, como resultado de um impulso elétrico gerado internamente.

O ECG mede esta mudança de potencial com um par de elétrodos e de um amplificador diferencial

O circuito a seguir representa um amplificador de instrumentação usado para amplificar sinais de ECG.

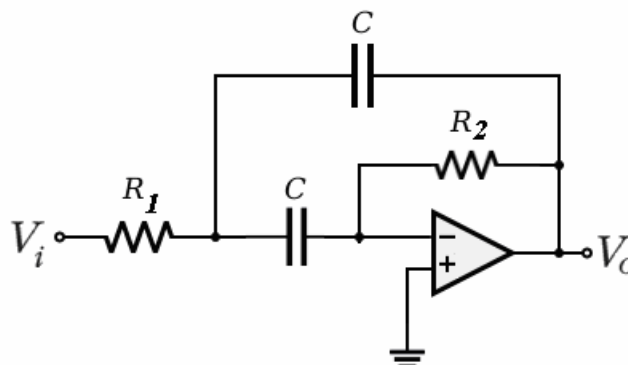
(A) Descreva o circuito interno deste amplificador e determine o ganho de tensão.

(B) Cite pelo menos 3 vantagens para a utilização do **amplificador de instrumentação** nesta aplicação.



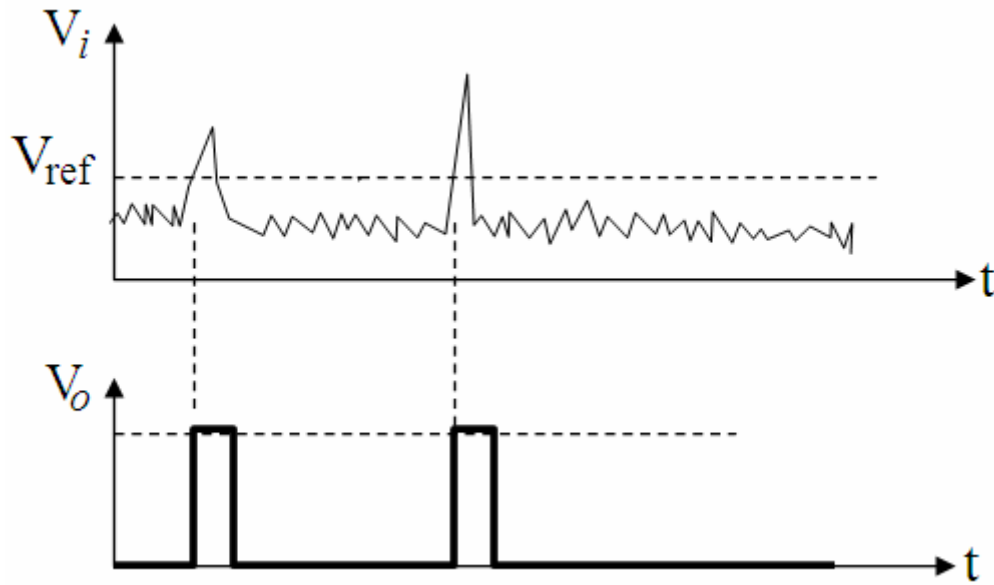
(40) FILTRO ATIVO

Encontre a função de transferência para o filtro a seguir. Classifique-o. Determine o ganho H_o , o fator de qualidade Q e a faixa de passagem Δf .



(41) COMPARADOR DE TENSÃO

Apresente um circuito capaz de realizar o processamento no sinal mostrado na figura a seguir.



Filtro Passa Baixa

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{A_{LP}\omega_n^2}{s^2 + s \omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Passa Alta

$$\frac{V_{HP}(s)}{V_i(s)} = \frac{A_{HP}s^2}{s^2 + s \omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Passa Faixa

$$\frac{V_{BP}(s)}{V_i(s)} = \frac{A_{BP}(\omega_n/Q) s}{s^2 + s \omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Rejeita Faixa

$$\frac{V_{BR}(s)}{V_i(s)} = \frac{A_{BR}(s^2 + \omega_n^2)}{s^2 + s \omega_n/Q + \omega_n^2}$$