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

Engenharia Elétrica

SÉRIE DE EXERCICIO #41

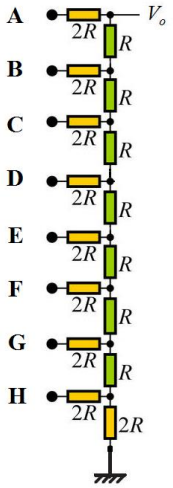
(1) CONVERSOR D/A TIPO R-2R DE 8 BITS

Na figura a seguir as entradas binarias ABCDEFGH são representadas pelas tensões $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_6 = V_7 = V_8 = V_R$.

Considere que o bit "1" é representado por uma tensão V_R=5V.

(**I**) Determine o valor da tensão na saída V_o quando tivermos na entrada do conversor D/A uma palavra binária igual 10101110 (ABCDEFGH). $V_0 =$_____ mV

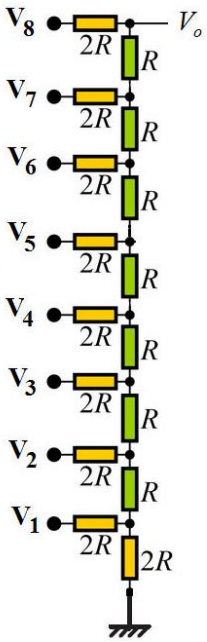
(**II**) Determine o valor binário (ABCDEFGH) na entrada do conversor D/A capaz de produzir uma tensão na saída V_o= 3125mV. ***Entrada***s: A__B__C__D__E__F__G__H__



Mostre que a saída V_o é determinada pela expressão a seguir.

$$V_o = \frac{V_1}{256} + \frac{V_2}{128} + \frac{V_3}{64} + \frac{V_4}{32} + \frac{V_5}{16} + \frac{V_6}{8} + \frac{V_7}{4} + \frac{V_8}{2}$$

$$V_o = \frac{1}{2^8}\left[2^0 V_1 + 2^1 V_2 + 2^2 V_3 + 2^3 V_4 + 2^4 V_5 + 2^5 V_6 + 2^6 V_7 + 2^7 V_8\right]$$



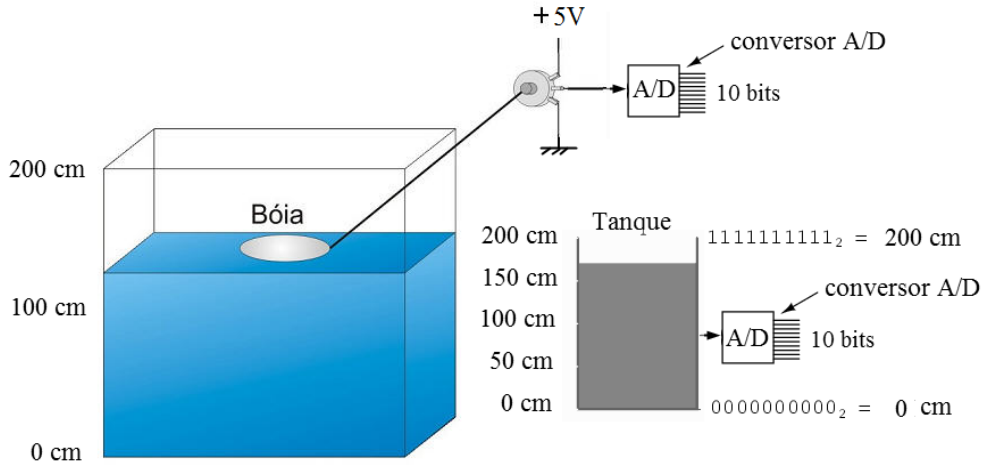
(2) **CONVERSOR A/D 10 Bits**

Na montagem a seguir a saída binária é uma medida equivalente ao nível de água no tanque.

(A) Expresse, em centímetros, *a **resolução***.

(B) Determine o *nível percentual* de líquido no tanque quando a saída do conversor A/D for igual a **1000010000** e a **0010001000**.

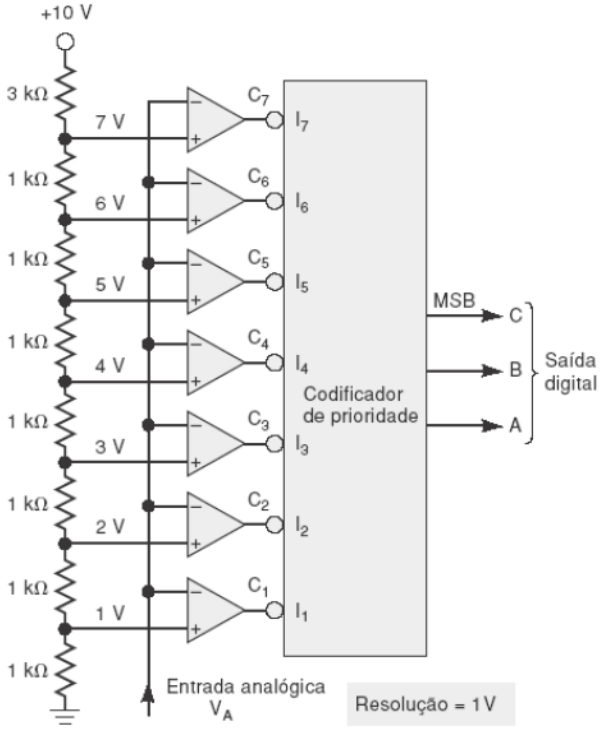
(C) Determine qual deve ser o *valor da **saída binária*** no conversor A/D quando o nível do reservatório atingir 1/4 do seu volume total, ou seja, 25% do seu nível máximo.



(3) CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL

(A) Identifique o tipo de conversor A/D e determine a saída binária CBA quando V_A=3,5V.

(B) Quando a saída binária for igual a **CBA=101** determine a faixa de valores da entrada analógica aplicada.



(**4**) Um conversor A/D de **10 bits** é empregado, em um processo de digitalização de um sinal com duração de **2 minuto e 40 segundos**. Considere que a frequência de amostragem é de **16 MHz**. (**I**) Quantos ***bytes*** são produzidos nesse processo de digitalização? (**II**) Quanto ***tempo*** deste sinal poderia ser armazenado em um *pendrive* de **16 GB** usando a mesma taxa de amostragem?

(5) Considere um *forno elétrico* cuja temperatura é medida com um sensor cuja saída fornece uma tensão linear entre 0 e 5V, correspondendo a uma faixa de temperatura variando entre 25ºC e 800ºC. Aplicando-se a saída do sensor um **conversor A/D** de 10 bits, determine:
a) Qual é a menor variação de temperatura (*resolução*) que pode ser detectada?
b) Quais os valores, *analógico e digital*, deve-se obter quando a temperatura for de 300 ºC?
c) Que *temperatura* terá o forno quando se obtém um valor de $(\mathbf{1000000000})_2$ na saída binaria do conversor A/D?

(6) O padrão USB foi criado em 1995, com o objetivo principal de criar um padrão para interface de periféricos de computadores. **USB** é a sigla para **Universal Serial Bus**. Trata-se de uma tecnologia que tornou mais simples, fácil e rápida a conexão entre diversos tipos de aparelhos (câmeras digitais, HDs externos, pendrives, mouses, teclados, MP3-players, impressoras, scanners, leitor de cartões, etc) e o computador, evitando assim o uso de um tipo específico de conector para cada dispositivo. Tal como ocorre com outras tecnologias, o padrão USB passa periodicamente por revisões em suas especificações para atender as necessidades do mercado. A versão USB 2.0 foi lançada em abril de 2000 possuindo uma taxa de transferência máxima de 480 Mbps ou 60 MB/s. A versão USB 3.0 foi lançada em novembro de 2008 e possui uma taxa de transferência máxima de 5 Gbps (Giga bits por segundo). Deseja-se transferir todo o conteúdo de um arquivo de áudio (*stereo*, 16 bits por canal) gravados em um CD de 74 minutos de música para um pendrive USB 3.0.
(**A**) Determine o tempo mínimo necessário para efetivar essa transferência.
(**B**) Determine o tempo necessário para gravar uma imagem de TV digital com resolução em FULL HD(High Definition), 4K e 8K em um pendrive com tecnologia USB 2.0.

FULL HD (1920x1080) pixels
4K (3840x2160) pixels
8K (7680x4320) pixels

(**C**) Quanto tempo é necessário para se transferir todo o conteúdo de um DVD usando o padrão USB 2.0 ?
(**D**) Quanto tempo é necessário para se transferir todo o conteúdo de um BLU RAY usando o padrão USB 2.0?

(7) Explique o principio de funcionamento de um conversor A/D tipo SAR (*Successive Approximation Register*).

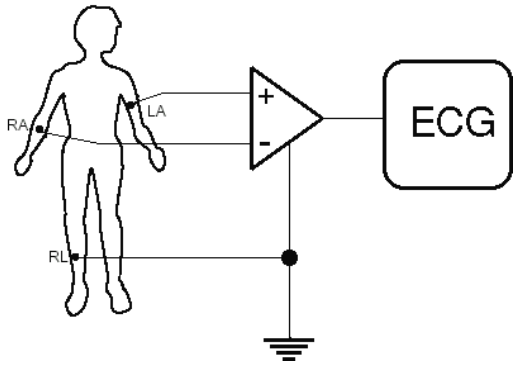
(8) ENGENHARIA BIOMÉDICA – ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

A Eletrocardiografia estuda a atividade elétrica do coração a partir de eletrodos colocados em determinados pontos do corpo humano.

Uma frequência de amostragem de 500 Hz e resolução de 10 bits do conversor A/D é suficiente para que um sinal de ECG possua qualidade para monitoração. Assim, são transmitidas 500 amostras de 10 bits de cada derivação do ECG.

Deseja-se construir um módulo de aquisição que adquire o sinal de ECG e o transmite por rádio frequência a um segundo módulo. Após, os sinais amostrados são enviados para o módulo de comunicação. O módulo de comunicação recebe o ECG e o envia pela Internet a um computador situado em um centro de supervisão, onde é analisado por um especialista.

Considerando que na monitoração de ECG, o atraso que um pacote leva na transmissão do sinal do paciente até o computador do médico deve ser o menor possível, para que as características do ECG relevantes para o diagnóstico possam ser observadas com o menor atraso possível, determine a taxa mínima de transmissão exigida para este sistema proposto de transmissão de ECG em tempo-real. O módulo de transmissão deve estabelecer comunicação com o aplicativo de telemetria e enviar o ECG [amostras digitalizadas do sinal] para visualização em tempo-real na tela (*display*) de um computador remoto.



(**9**) Um sinal de *áudio* analógico (20Hz-20kHz) deve ser digitalizado com 16 bits e uma *frequência de amostragem* de 44.100 Hz. Podemos afirmar que o **tempo de conversão T_C** necessário para o conversor A/D a ser utilizado nesta conversão deve satisfazer a relação:

(A) **T_C < 22,6μs** (B) **T_C > 22,6μs** (C) **T_C =22,6μs**
(D) **T_C < 50μs** (E) **T_C > 50μs** (F) **T_C =50μs**

(**10) TECNOLOGIA DIGITAL – ADSL/DVD/BLU-RAY**

ADSL é a sigla para Assymmetric Digital Subscriber Line ou "Linha Digital Assimétrica para Assinante". Trata-se de uma tecnologia que permite a transferência digital de dados em alta velocidade por meio de linhas telefônicas comuns.

(**A**) Quanto tempo você gastaria para transmitir todo o conteúdo de um DVD [Digital Video Disc ou Digital Versatile Disc] com capacidade de 4,7 GB [4 700 000 000 bytes], através de uma ligação ADSL de 2 Mbit/s ?

1 Gigabyte [**GB**] é igual a 10^9 (1.000.000.000 bytes).

(**B**) A tecnologia *BLU-RAY*, com maior capacidade de armazenamento, foi lançada no mercado para substituir o DVD. O formato *BLU-RAY* é também conhecido como BD (Blu-ray Disc). É um formato de disco óptico da nova geração de 12 cm de diâmetro (igual ao CD e ao DVD). O disco *Blu-Ray* faz uso de um laser de cor azul-violeta, cujo comprimento de onda é 405 nanômetros, permitindo gravar mais informação num disco do mesmo tamanho usado por tecnologias anteriores (DVD usa um laser de cor vermelha de 650 nanômetros). *Blu-ray* obteve o seu nome a partir da cor azul do raio laser ("*blue ray*" em inglês significa "raio azul").

A letra "e" da palavra original "blue" foi eliminada porque, em alguns países, não se pode registrar, para um nome comercial, uma palavra comum.

Quanto tempo seria necessário para se transmitir todo o conteúdo de um disco *BLU-RAY* com capacidade de 25 GB, através de uma ligação ADSL de 2 Mbit/s ?

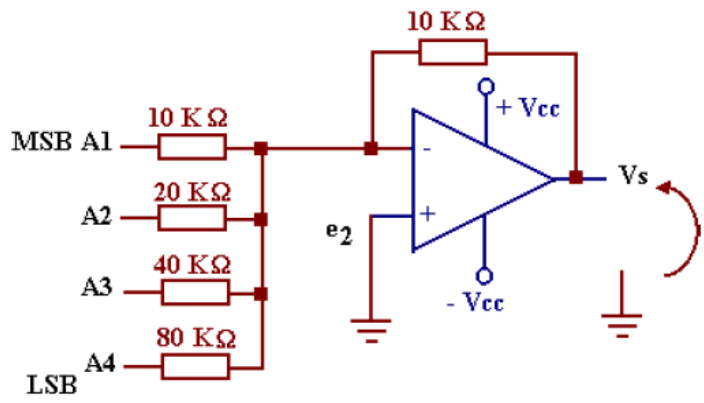
(**C**) Quanto tempo seria necessário para transmitir todo o conteúdo de um PENDRIVE com capacidade de 64 GB, através de uma ligação ADSL de 2 Mbit/s ?

(11) CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL Deseja-se digitalizar um sinal (0-5V) com uma resolução de 5mV. Neste caso deve-se usar um conversor A/D de quantos bits?

(12) CONVERSOR DIGITAL-ANALÓGICO

(A) Determine as tensões de saída do conversor D/A a seguir, preenchendo a Tabela correspondente a um conversor D/A de 4 bits. (Considere V = 5V).

(B) Determine a resolução do conversor.



$A_1A_2A_3A_4$	Vs
0 0 0 0	
0 0 0 1	
0 0 1 0	
0 0 1 1	
0 1 0 0	
0 1 0 1	
0 1 1 0	
0 1 1 1	
1 0 0 0	
1 0 0 1	
1 0 1 0	
1 0 1 1	
1 1 0 0	
1 1 0 1	
1 1 1 0	
1 1 1 1	

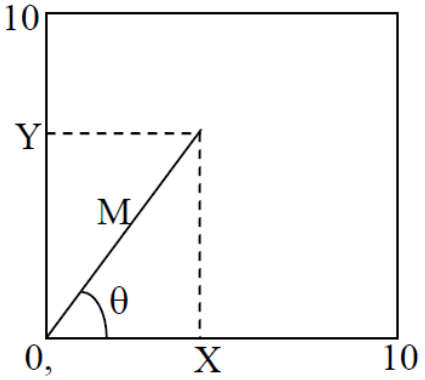
(**13**) ***PROJETO – PROCESSAMENTO DE SINAL ANALÓGICO***

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 que lhe foi determinada a tarefa para solucionar este problema. Considere que ***Y é a tensão de saída*** e ***X é a tensão de entrada***. Sugira e projete um circuito capaz de realizar a operação solicitada.

(14) Seu supervisor está pensando em promovê-lo a estagiário Senior. No entanto resolveu fazer um último teste para comprovar sua capacidade de resolver problemas, assim ele te propôs o seguinte projeto: 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 Î[0,10] *e* Y Î[0,10] . Seu supervisor, portanto, solicita que você projete um circuito que converta este sistema de *coordenadas retangulares* para um sistema de *coordenadas polares*. Isto é, um circuito capaz de gerar os sinais M e θ, onde M é o módulo e θ é o ângulo com a horizontal, ambos dados em Volts. Projete um circuito que tenha como entradas os sinais X e Y e forneça como saída os sinais M e θ.



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

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

(16) ***FONTE DE ALIMENTAÇÃO LINEAR REGULADA***

Projeto de uma fonte linear de $220V_{RMS}$ para $V_O = 9V$.

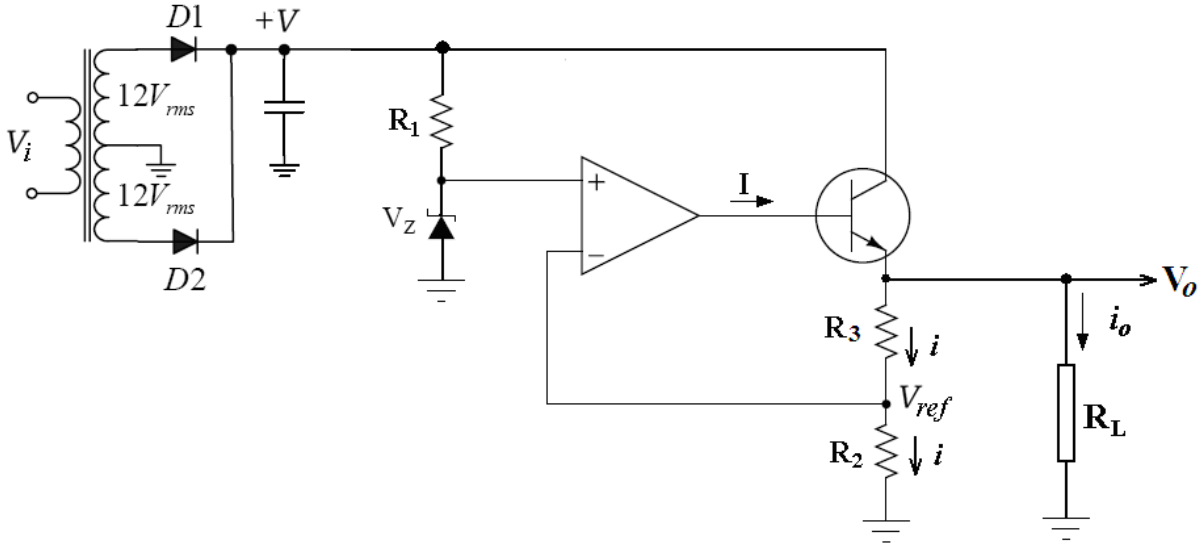
$R_3 = 1k\Omega,\ V_Z = 6V,\ V_i = 220V_{RMS},\ \beta = 100,\ R_L = 9\Omega,\ V_{BE} = 0{,}7V.$

(A) Determine a ***potência de dissipação no transistor***.

(B) Determine ***a corrente e a tensão na saída do amplificador operacional*** I_B *e* V_B. Observe que I_B *e* V_B corresponde ***a corrente e a tensão de base do transistor***.

(C) Determine R_2.

(D) Explique o **princípio de funcionamento** da fonte justificando o uso de cada componente no circuito. (E) Determine a **eficiência** η da fonte.



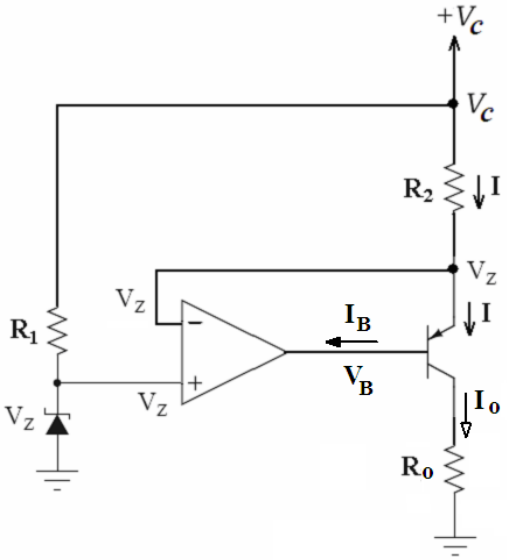
(**17**) ***FONTE DE CORRENTE COM CARGA ATERRADA***

(A) Encontre a ***expressão literal*** para a corrente $\boldsymbol{I_o}$ e mostre que seu valor não depende da carga R_o.

(B) Determine o valor de $\boldsymbol{I_o}$. Considere $V_C = 9V,\ V_Z = 6V,\ R_2 = 3\Omega\ e\ \beta = 100.$

(C) Determine a ***potência de dissipação do transistor***.

(D) Determine a ***corrente*** $\boldsymbol{I_B}$ e a ***tensão*** $\boldsymbol{V_B}$ na saída do amplificador operacional.

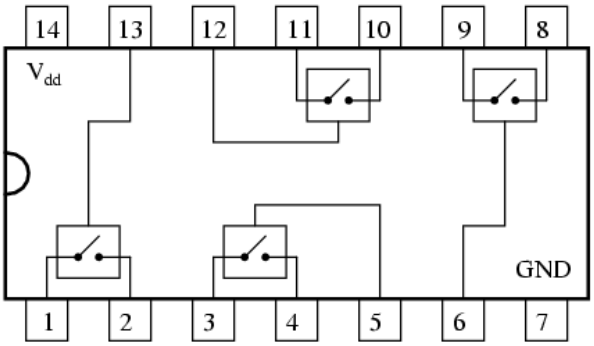


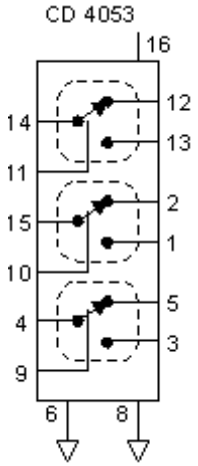
(18) FONTES CHAVEADAS - Switched-Mode Power Supply (SMPS)

Explique, de forma objetiva e sucinta, o princípio de funcionamento **das topologias de fontes chaveadas** apresentadas em sala de aula. Apresente ***o circuito e as equações*** correspondentes. Esboce as ***formas de ondas da tensão e corrente*** sobre o indutor para cada topologia..

(19) CD4066 contém 4 chaves analógicas bilaterais.

Aplicando os conhecimentos de eletrônica adquiridos durante o curso sugira algumas aplicações usando o CD4066 (4 analogue bilateral switches) ou CD4053.





(20) DIGITALIZAÇÃO

Conhecendo a taxa de amostragem e a resolução você pode facilmente calcular o espaço em disco (ou a largura de banda, no caso de uma transmissão digital) que será necessário para armazenar o dado gerado pelo conversor A/D.

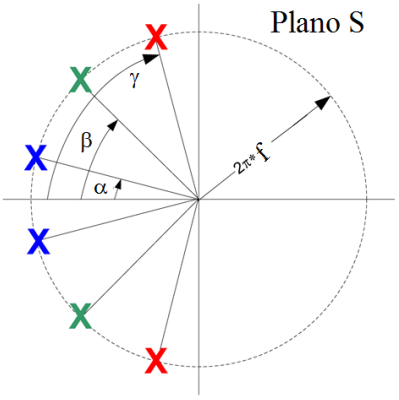
O sistema telefônico, por exemplo, utiliza uma taxa de amostragem de 8.000 Hz e cada amostra é armazenada em uma variável de oito bits. Portanto, a taxa de transmissão de uma conversão analógico/digital é de 64.000 bits por segundo (8.000x8) ou 64 Kbps (valor arredondado, já que 1K = 1024; assim 64 Kbps seria 65.536 bps e não 64.000). Se você deseja gravar uma conversa telefônica, o espaço em disco necessário será de 8.000 bytes por segundo (64.000/8) ou 480.000 bytes por minuto (8.000 x 60), isto é, 468,75 KB por minuto.

(21) FILTRO PASSA BAIXA COM APROXIMAÇÃO BUTTERWORTH.

O filtro com aproximação *Butterworth* ganha o seu nome por ter sido o primeiro a desenvolver uma teoria sobre filtros. *Stephen Butterworth*, do Laboratório de Pesquisa do Almirantado no Reino Unido (*Admiralty Research Laboratory*), publicou seu trabalho em outubro de 1930, intitulado: "*On the Theory of Filter Amplifiers*" na qual desenvolveu as equações básicas para um filtro maximamente plano para uso em amplificadores valvulados RF (**R***adio* **F***requency*). O artigo foi publicado na revista intitulada "*Experimental Wireless and Wireless Engineer*".

A figura a seguir mostra a distribuição gráfica dos polos conjugados complexos, sobre um circulo de raio unitário ω_o (1 rd/s), para um filtro passa baixa com aproximação *Butterworth* de **sexta ordem**.

Determine os valores de α, β e γ. α = _____ β = _____ γ = _____



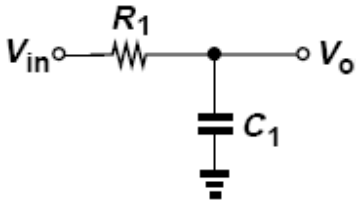
(22) FILTROS - Projete um circuito para um ***filtro ativo passa baixa de segunda ordem, com ganho de 36dB, aproximação Butterworth*** e ***frequência de corte*** de **20 kHz**, para ser usado em um equipamento de áudio.

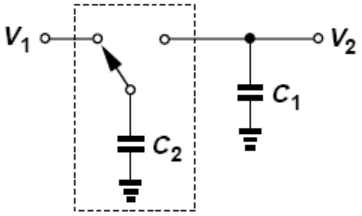
(23) (A) FILTRO A CAPACITOR CHAVEADO

No circuito mostrado a seguir (*montado em Laboratório*) o resistor R_1 deve ser substituído por um ***capacitor chaveado*** $\mathbf{C_2}$ de modo a ter a mesma frequência de corte.

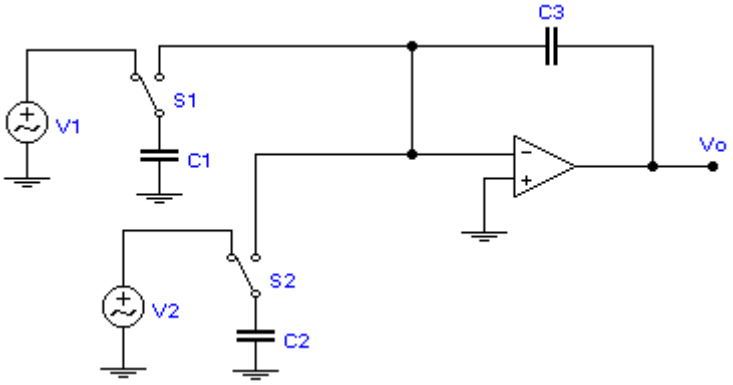
(I) Determine a ***frequência de corte***.

(II) Determine a ***frequência de chaveamento***. $R_1 = 1k\Omega, \quad C_1 = C_2 = 1nF$.



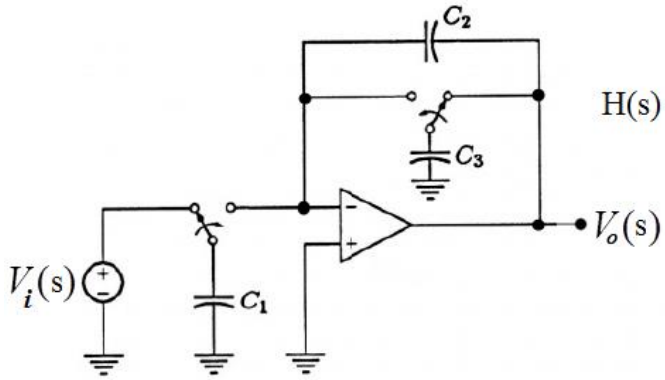


(24) Escreva a função de transferência H(s). Descreva a funcionalidade do circuito.



(25) FILTRO A CAPACITOR CHAVEADO

Determine a função de transferência **H(s)** para o filtro a capacitor chaveado mostrado na figura a seguir. Considere f_x a frequência de chaveamento dos capacitores. Classifique-o como filtro. Determine *o ganho e a frequência de corte*.

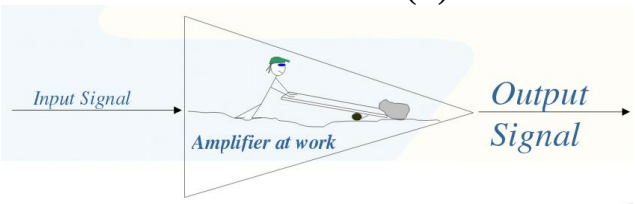


$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = _____$$

(26) Apresente um circuito capaz de implementar cada um dos filtros analógicos representado pelas funções de transferências H(s) mostradas a seguir. Determine a localização dos pólos e zeros. Identifique todos os parâmetros dos filtros (ganho, fator de qualidade, faixa de passagem).

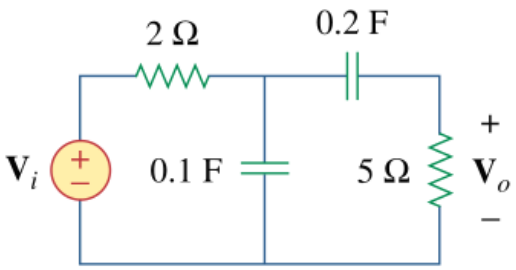
(A) $$H(s) = \frac{6s}{s^2 + 6s + 34}$$

(B) $$H(s) = \frac{s^2 + 34}{s^2 + 6s + 34}$$



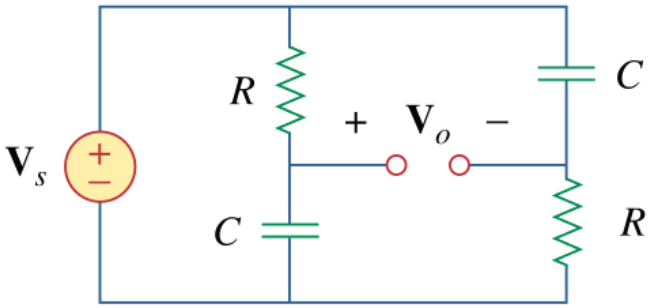
(27) Mostre que a função de transferência H(s) a seguir pode ser implementada pelo circuito passivo ao lado. Classifique-o como filtro.

$$H(s) = {V_o}/{V_i} = \frac{5s}{s^2 + 8s + 5}$$



(28) Phase shifter circuit

Mostre que o circuito a seguir possui a seguinte função de transferência H(s).
Sugira uma aplicação. Observe a semelhança desta função de transferência com a do circuito com amplificador operacional montado em laboratório.

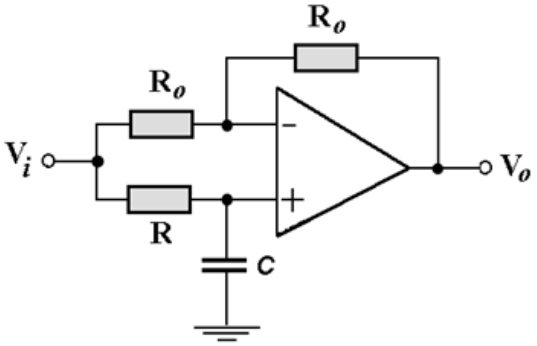


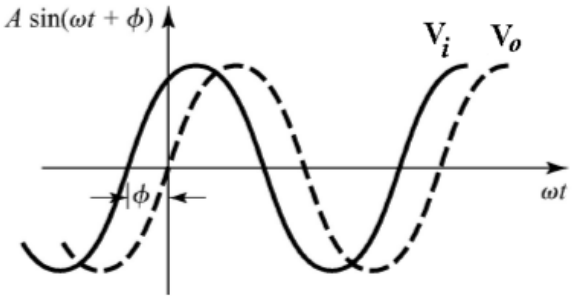
$$H(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{1 - sRC}{1 + sRC}$$

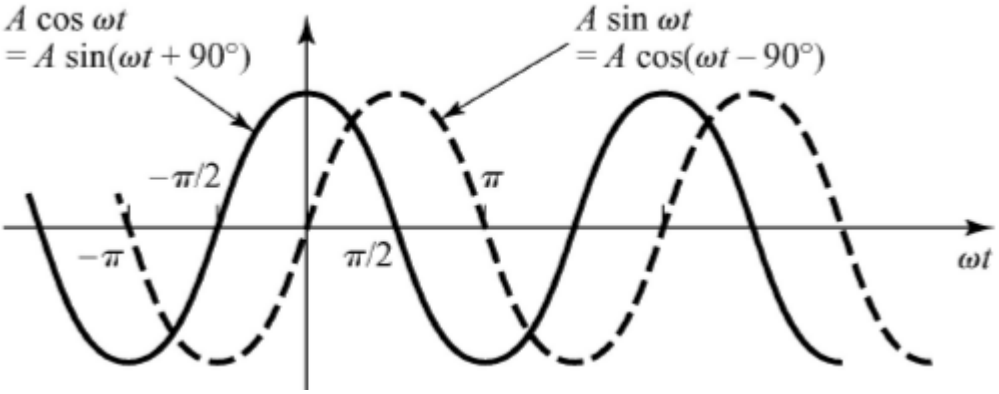
(29) DEFASADOR

Determine o valor do capacitor para que o circuito mostrado na figura a seguir seja capaz de fornecer na sua saída um sinal senoidal quando aplicado um sinal cossenoidal na sua entrada.

$$H(s) = \frac{1 - sRC}{1 + sRC}$$







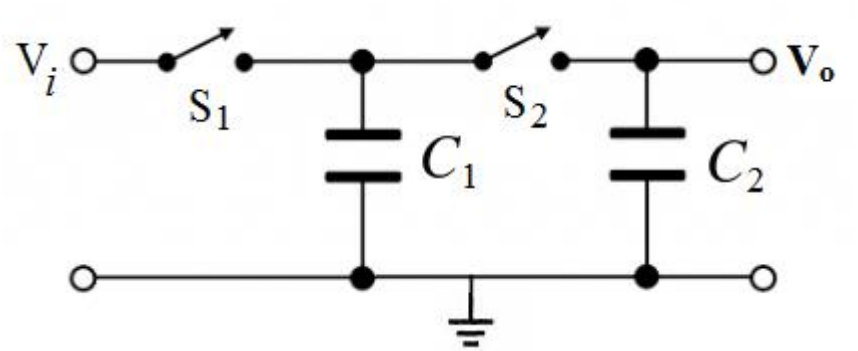
(30) Filtro a Capacitor Chaveado

Considere o filtro a capacitor chaveado mostrado na figura a seguir.

(A) Determine a frequência de corte quando a frequência de chaveamento for igual a 100 kHz.

(B) Determine a frequência de chaveamento para se ter uma frequência de corte igual a 1 kHz.

Considere C_1= 100pF e C_2= 0,0047μF.



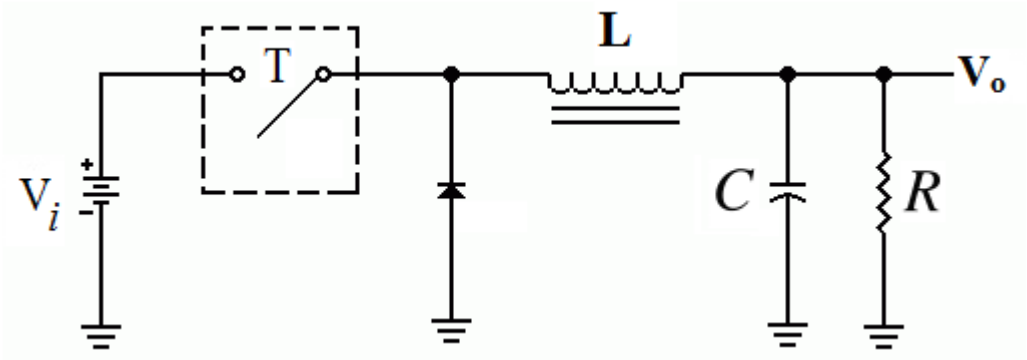
(31) Cite pelo menos 3 vantagens das ***fontes chaveadas*** quando comparadas com as ***fontes lineares***.

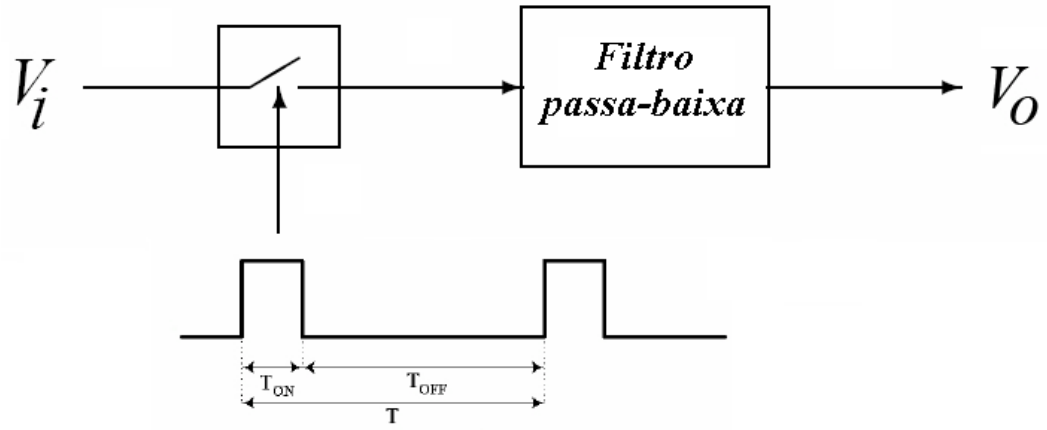
(32) Fonte Chaveada tipo BUCK

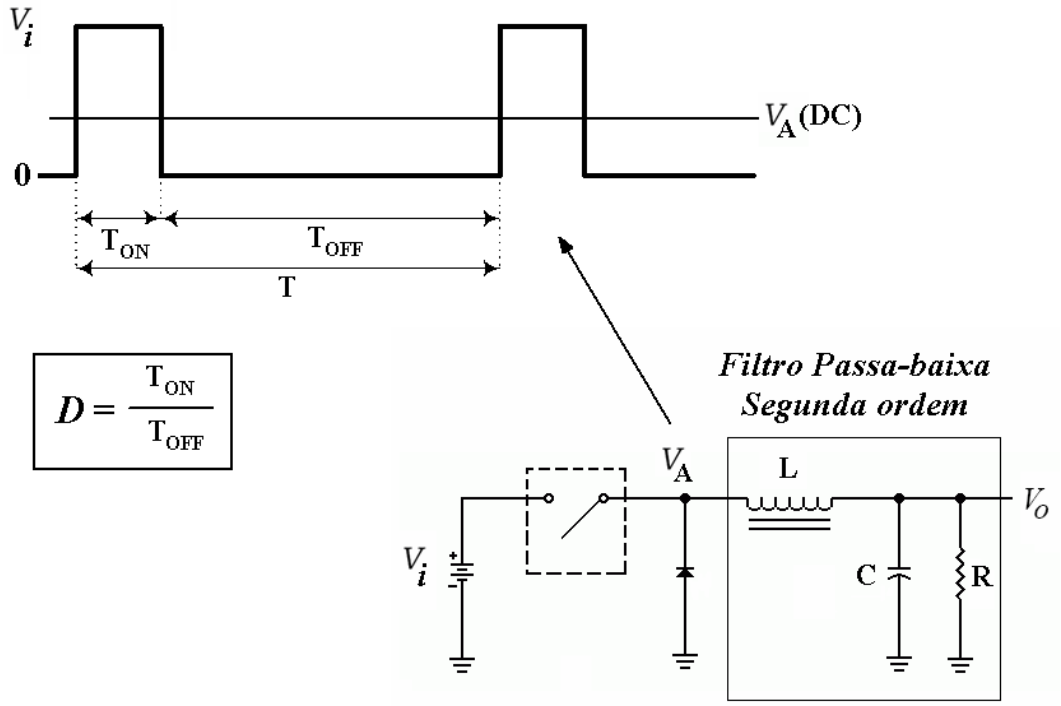
O conversor tipo BUCK pode ser visto como uma chave analógica seguida por um filtro passivo passa-baixa de segunda ordem, formado pelos elementos armazenadores de energia (indutor L e capacitor C) e a carga R.

Este filtro, com frequência de corte bem inferior a frequência de chaveamento, deve permitir a passagem apenas da componente com nível DC (frequência zero), ou seja, o valor médio do sinal de entrada Vi chaveado.

Deseja-se projetar uma fonte chaveada tipo BUCK para ser usada na saída de um painel solar cuja tensão vale 12 V. A fonte deverá fornecer uma tensão de 5V na sua saída. Determine o ciclo de trabalho (*Duty cycle*) necessário para este processamento.



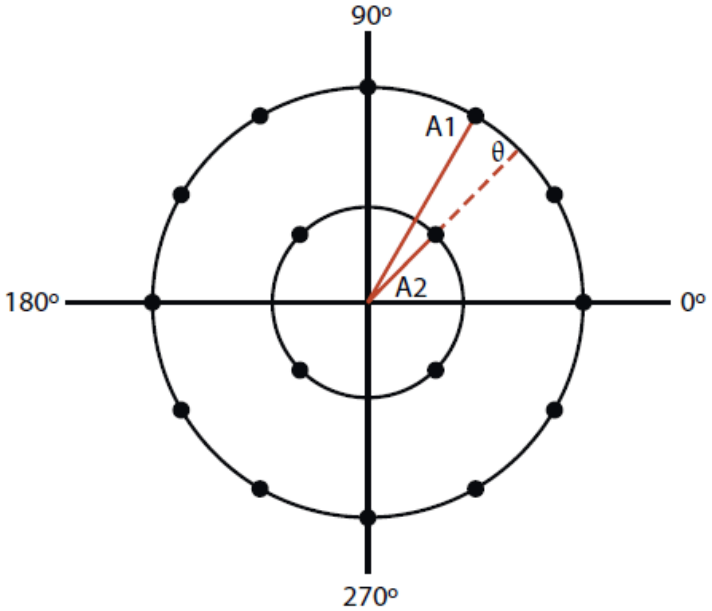




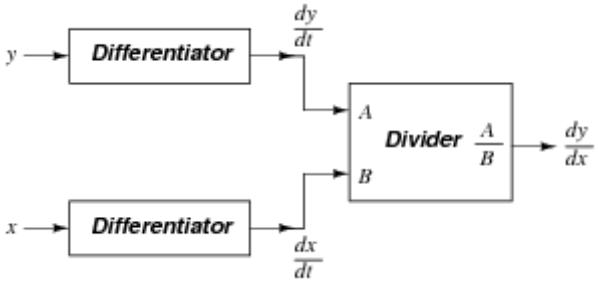
(33) MODULAÇÃO DIGITAL

(I) Descreva os sistemas de *modulação digital* ASK, FSK e PSK sugerindo um circuito para cada um desses tipos.

(**II**) O que significa um esquema de modulação digital **16APSK** ? Sugira um circuito capaz de realizar este tipo de modulação.

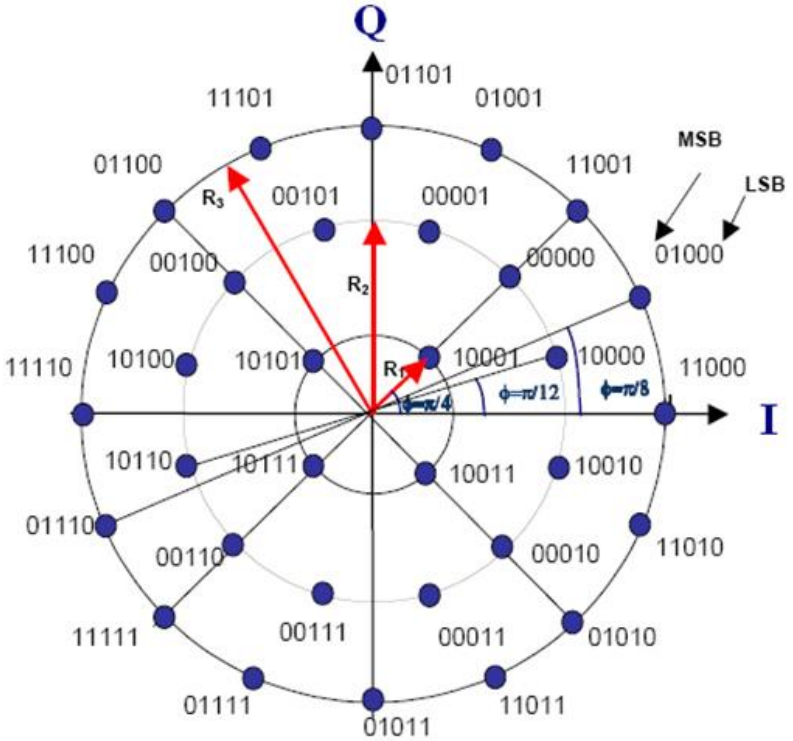


16APSK usa dois níveis de amplitudes A1 e A2 com 16 posições de fases distintas. Esta técnica é largamente usada em comunicações via satélites.



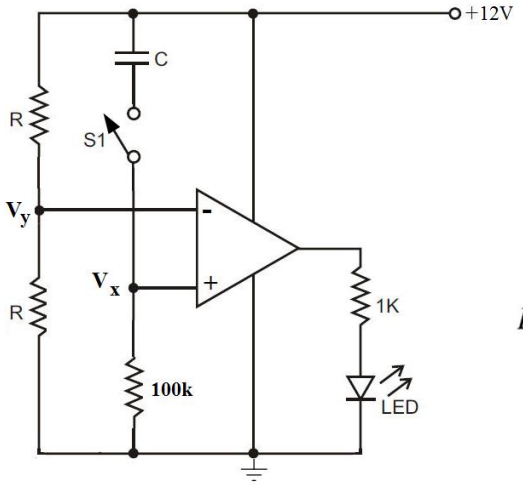
(34) MODULAÇÃO DIGITAL

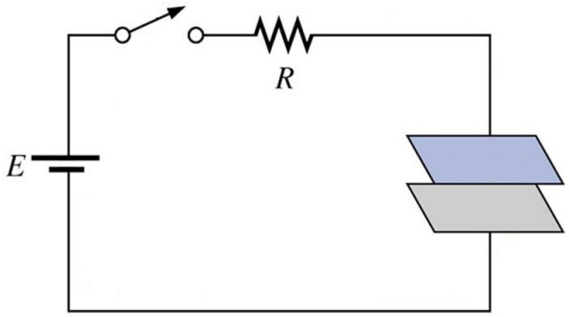
Classifique e explique a funcionalidade do esquema de modulação digital mostrado na figura a seguir.



(35) COMPARADOR DE TENSÃO

Determine o valor do capacitor C para que o LED permaneça aceso <u>por apenas 5 segundos</u> após a chave ser fechada.





(36) POTÊNCIA & ENERGIA

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

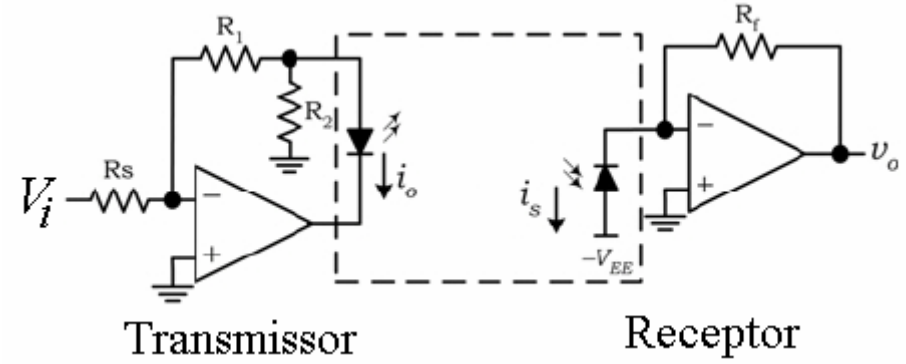
(B) Expresse, em Joules, a quantidade de ***energia armazenada*** em uma bateria de automóvel especificada com **54Ah@12V**.

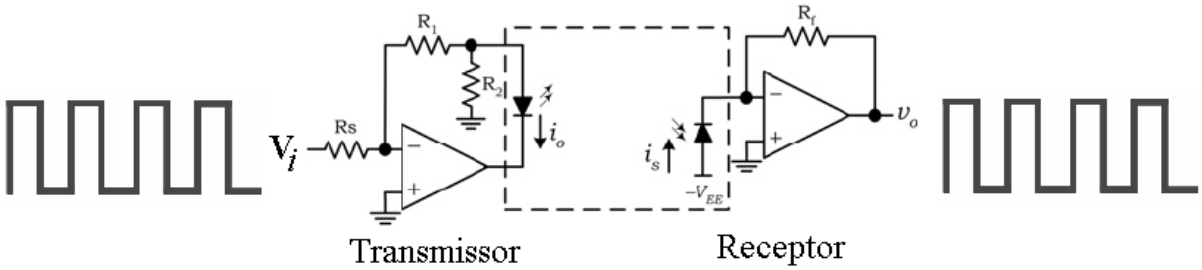
(C) Determine o ***tempo*** que uma bateria de 54Ah@12V pode manter um equipamento de som especificado como 12V@6W em funcionamento. E uma lâmpada de 20W?

(37) ACOPLAMENTO ÓPTICO

O circuito a seguir pode ser usado para transmitir sinais digitais via fibra óptica.

Determine o **valor da corrente** i_o para o amplificador mostrado na figura a seguir.



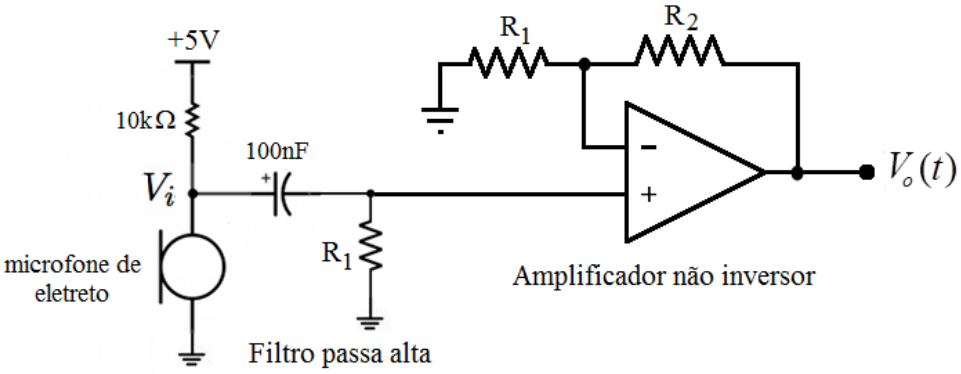


(38) PRÉ-AMPLIFICADOR PARA MICROFONE DE ELETRETO COM FILTRO PASSA ALTA PARA REMOÇÃO DE NÍVEL DC

Se você estiver trabalhando em um projeto que responde a sons, o circuito a ser usado, muito provavelmente, vai exigir algum tipo de microfone para a transdução do som em uma tensão associada a algum tipo de amplificação desta tensão. A seguir temos o exemplo de um circuito amplificador para microfone de eletreto, com base em um amplificador operacional. O circuito proporciona ganho em tensão ao sinal proveniente do microfone como também elimina o nível DC da polarização do microfone através de um filtro passa alta.

Este circuito amplifica as pequenas tensões geradas na saída do microfone para um nível de tensão que possa alimentar, por exemplo, um amplificador de potência. É também possível utilizar este circuito para amostrar o sinal de áudio proveniente de um microfone de eletreto para ser digitalizado por um conversor *analógico-digital*.

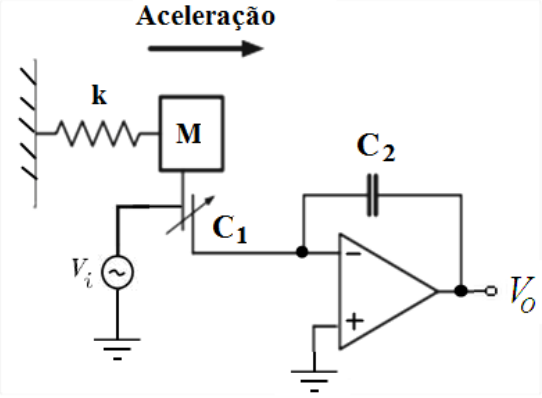
Como engenheiro projetista determine os valores dos resistores R_1 e R_2 tal que o amplificador mostrado na figura a seguir possua um ganho em tensão de 40 dB e uma frequência de corte de 20 Hz.



(39) ACELERÔMETRO

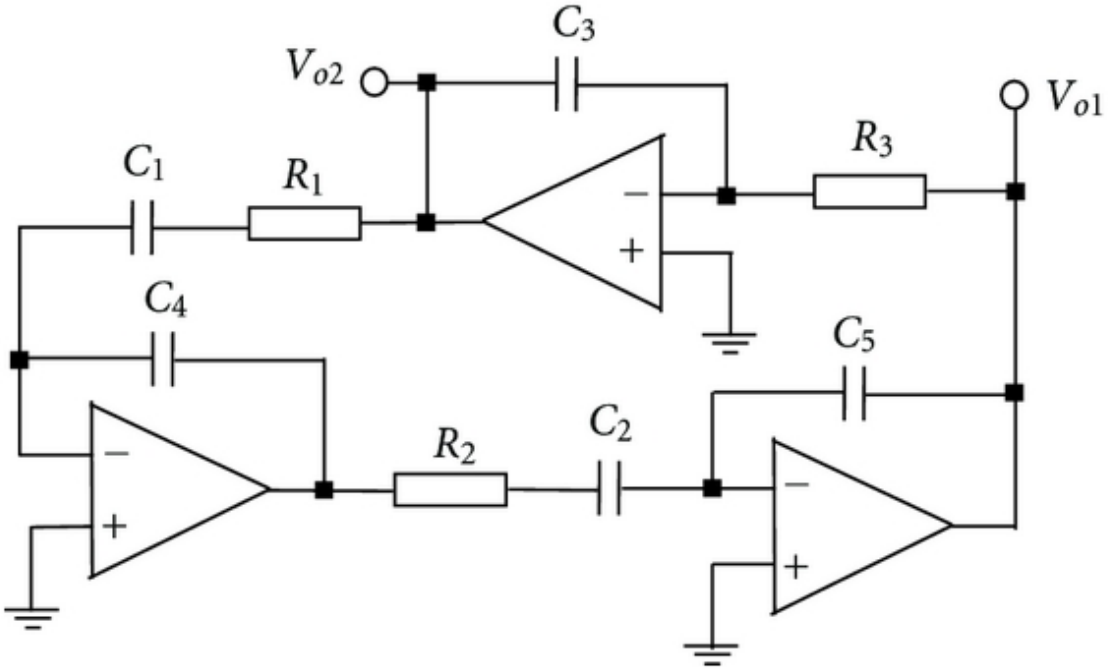
Um acelerômetro é um sensor que converte o movimento ou aceleração em um sinal elétrico. O princípio físico básico por trás deste tipo de sensor é o de um sistema massa-mola simples. No esquema a seguir é mostrado um sistema massa-mola acoplado a um capacitor variável C_1, cuja ***capacitância varia em função da aceleração*** aplicada ao sistema com massa **M** e mola **k**.

Determine a função de transferência **H(s)**.

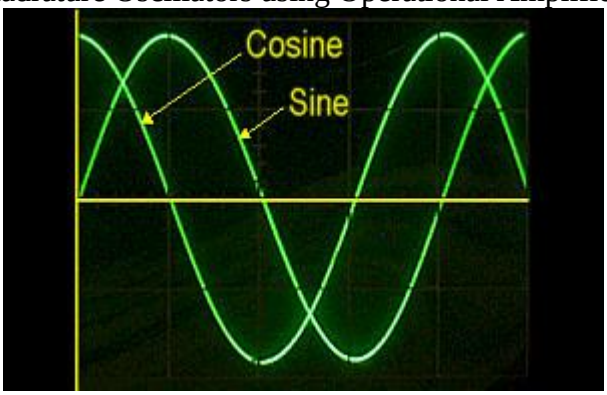


(40) OSCILADOR SENOIDAL EM QUADRATURA

Aplique as condições de *Barkhausen* e determine a ***fre quência de oscilação***. Mostre que este oscilador pode gerar simultaneamente um **sinal senoidal e cossenoidal** nos pontos $\mathbf{V_{01}}$ **e** $\mathbf{V_{o2}}$**.**



Quadrature Oscillators using Operational Amplifiers



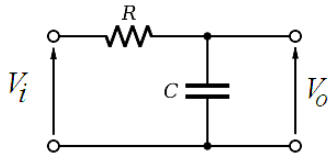
(41) CIRCUITO RC

Considere o circuito RC mostrado na figura a seguir onde se aplica um sinal senoidal, com amplitude constante e freqüência variável, ou seja, $V_i(t)=10sen2\pi ft$ (Volts). Considere R = 10 kΩ e C = 10nF.

(a) Determine o valor da freqüência do sinal na qual o sinal de saída $V_0(t)$ possui metade da amplitude do sinal de entrada, ou seja, $V_0(t)=5sen(2\pi ft+\phi)$. Encontre o valor do defasamento ϕ para esta frequência.

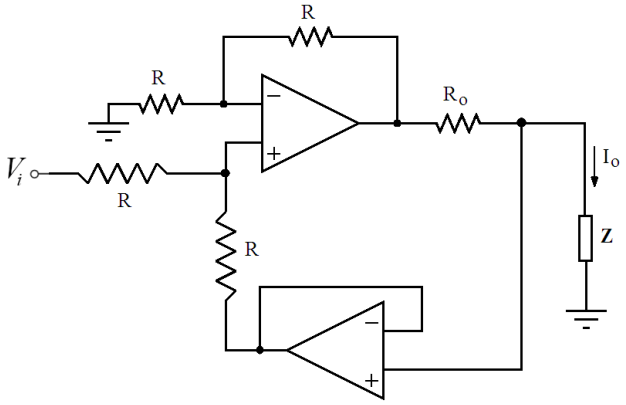
(b) Determine o valor da freqüência do sinal na qual o sinal de saída $V_0(t)$ encontra-se defasada do sinal de entrada por $\phi=45^o$. Escreva a expressão para $V_0(t)$.

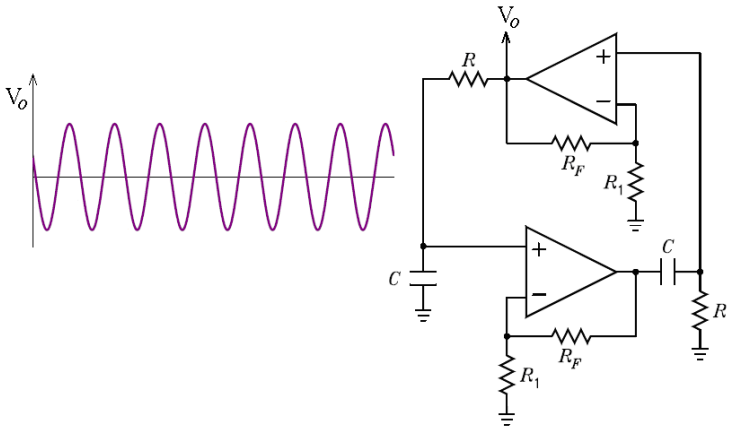
(c) Determine o valor de $V_0(t)$, amplitude e fase, na freqüência de 10 kHz.



(42) *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 impedância Z, podendo esta topologia ser vista como uma ***fonte de corrente*** I_o.
Sugira algumas aplicações para este circuito.



(43) OSCILADOR SENOIDAL

O circuito mostrado na figura a seguir representa um ***oscilador senoidal***. Explique o princípio de funcionamento deste oscilador. Aplique as ***condições de Barkhausen*** e determine a ***freqüência de oscilação*** ω_o e a ***relação*** entre R_F *e* R_1 para que a oscilação ocorra.