

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CEARÁ
Campus Fortaleza

Aluno: André Vieira da Silva

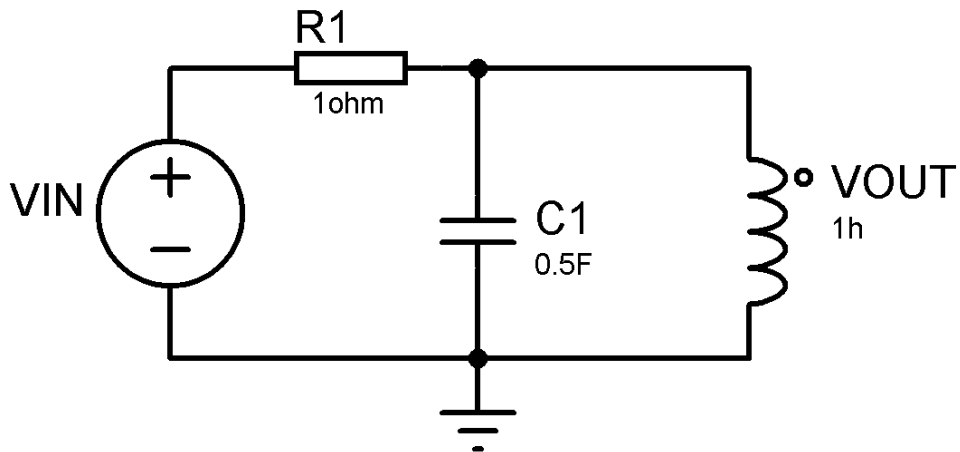
Objetivo

Este trabalho, referente a Disciplinas de Sistemas Lineares visa a compreensão e simulação de circuitos eletrônicos em ambiente simulado bem como sua interpretação e conclusão. Foram utilizados para a simulação dos circuitos dos softwares Protheus, Matlab e Solve Elec.

Analise no Tempo

Circuito 1

Apresentação do Circuito 1



Analise do Circuito

$$Y_r = Y_{out} = \frac{Xs^2 + 2X}{s^2 + 2s + 2}$$

$$Y_r = \frac{2X}{s^2 + 2s + 2}$$

$$V_l = V_{out} = \frac{2Xs}{s^2 + 2s + 2}$$

Resposta ao Impulso Unitário

Resposta em Tensão

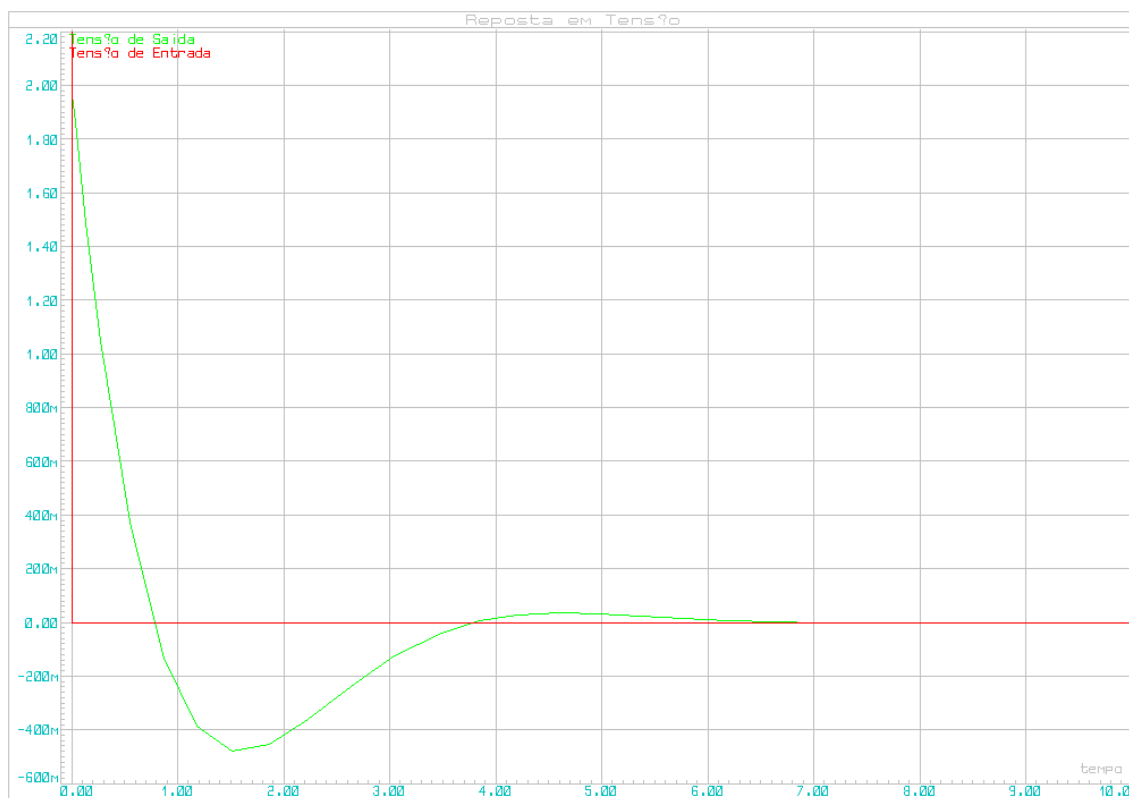


Figura 1 Tensão de Saida e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

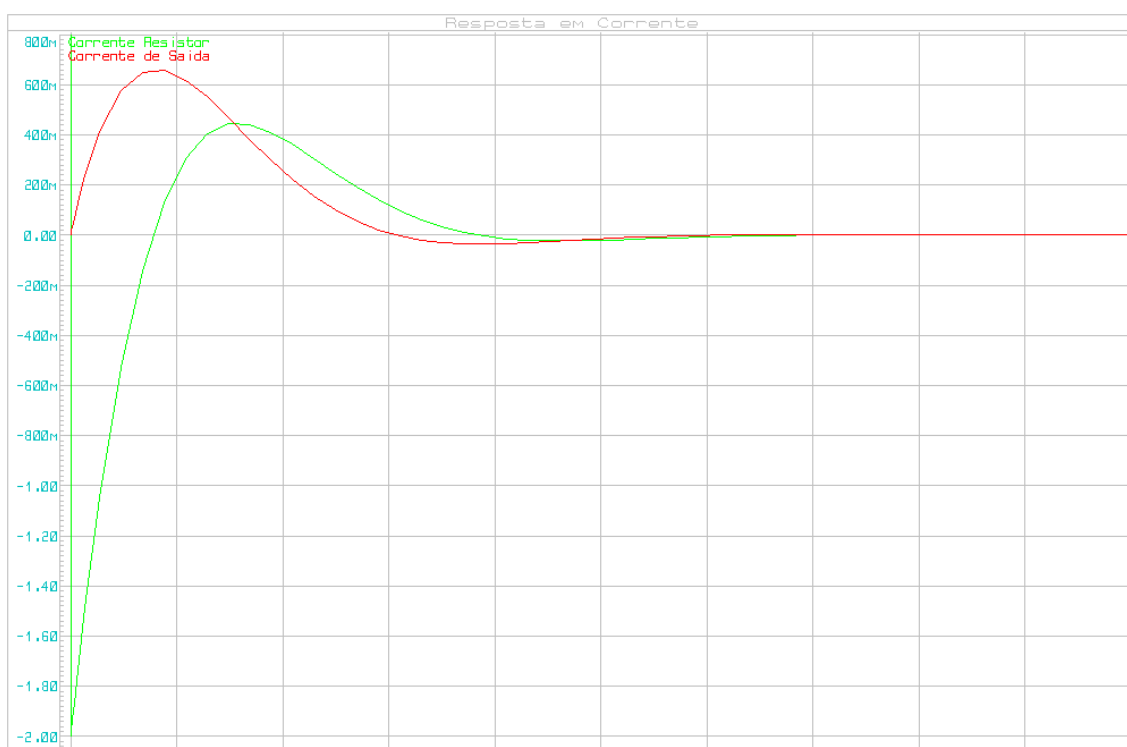


Figura 2 Corrente do Resistor e Corrente de Saída

Comentários

Na resposta ao sinal, temos inicialmente uma tensão de pico muito elevada sendo aplicada no instante $t=0$, devido a essa tensão, o capacitor do circuito em *está* carregado e o indutor, que resiste a variação brusca de corrente, com 0 A de corrente. Como não há mais alimentação de tensão da fonte, o resistor passa a ter uma corrente por conta da alimentação do capacitor, sua corrente e sua tensão tendem a zero conforme o capacitor se descarrega. O circuito passa a ser alimentado pelo capacitor que se descarrega em função do tempo e no indutor com a variação menos brusca da carga vinda, agora, do capacitor enxergamos a corrente que por ele circula, ou seja, conforme $t \rightarrow \infty$ temos no circuito uma tensão e uma corrente de resposta tendendo a zero com leves oscilações de forma senoidal tanto pra corrente como pra tensão devido a resposta $h(t)$ do circuito que além das componentes e^{λ} dos modos característicos possui componentes trigonométricas.

Resposta ao Degrau Unitário

Resposta em Tensão

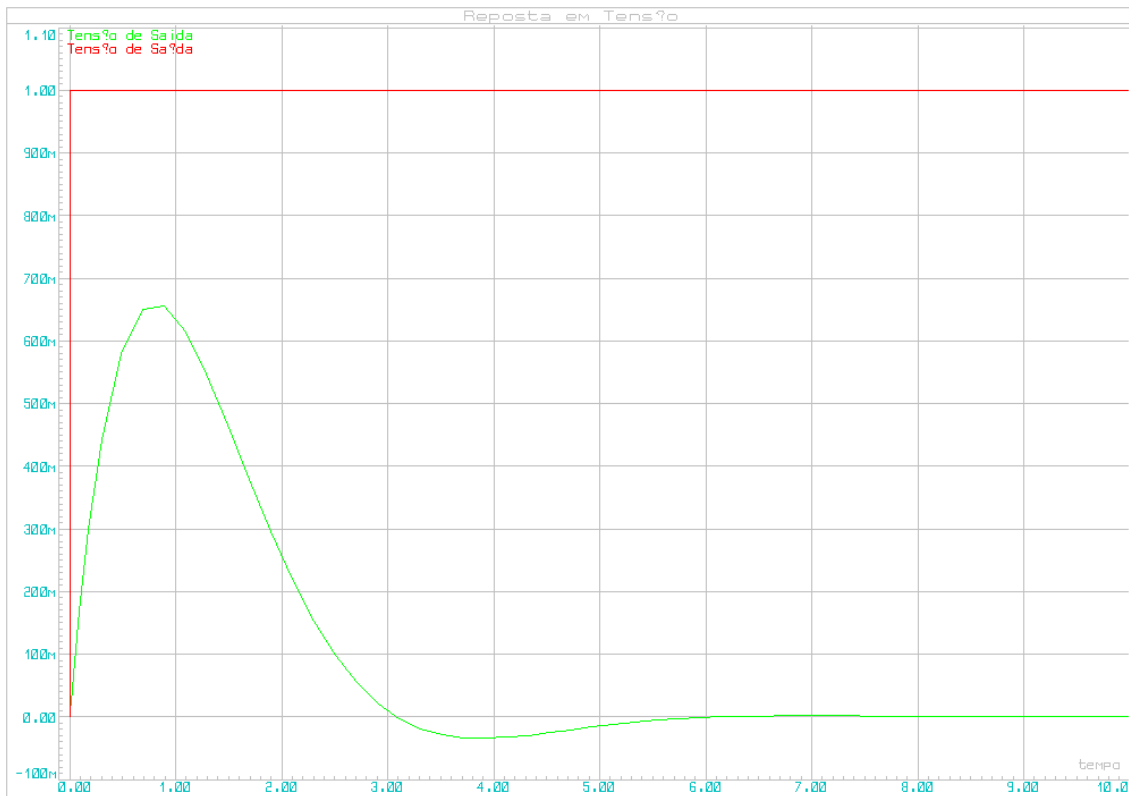


Figura 3 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

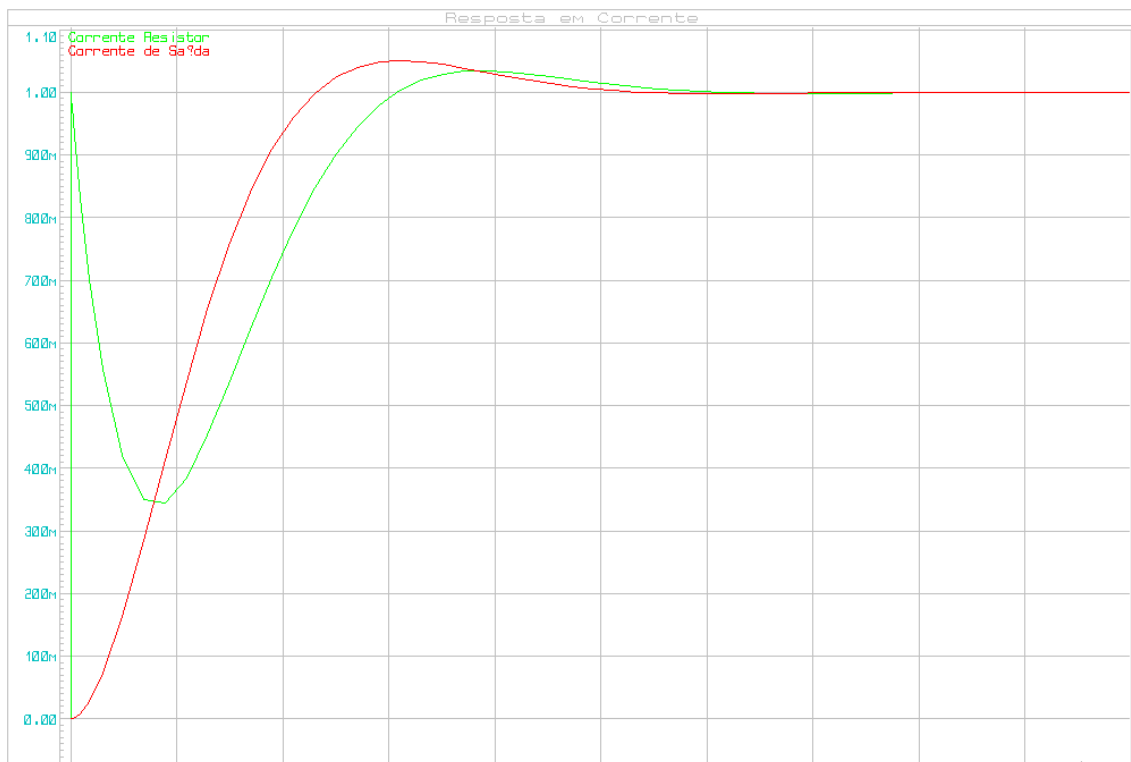


Figura 4 Corrente de Entrada e Corrente do Resistor

Comentários

Na segunda resposta de entrada do circuito, temos o degrau unitário como sinal de entrada e $1A$ na saída do resistor, mas essa corrente sofre ação do transitório do circuito e apresenta uma queda pontual. Ao longo do tempo, devido a característica continua do sinal de entrada, o capacitor atinge a sua carga total e passa a funcionar como um curto circuito. No indutor a corrente continua de entrada vai tendendo a $1A$ mais lentamente pela característica do indutor ser resistente a variação abrupta de corrente, como aconteceu no resistor, este ameniza a subida da corrente na saída e ao longo do tempo, o indutor, passa a funcionar como um condutor (fio) no circuito. Conforme $t \rightarrow \infty$ a corrente $1A$ vinda do resistor se estabiliza na saída, e a tensão tende a zero ambos ainda apresentando um ligeiro comportamento senoidal muito amortecido presente na resposta total do sistema.

Resposta ao Sinal Seno

Resposta em Tensão

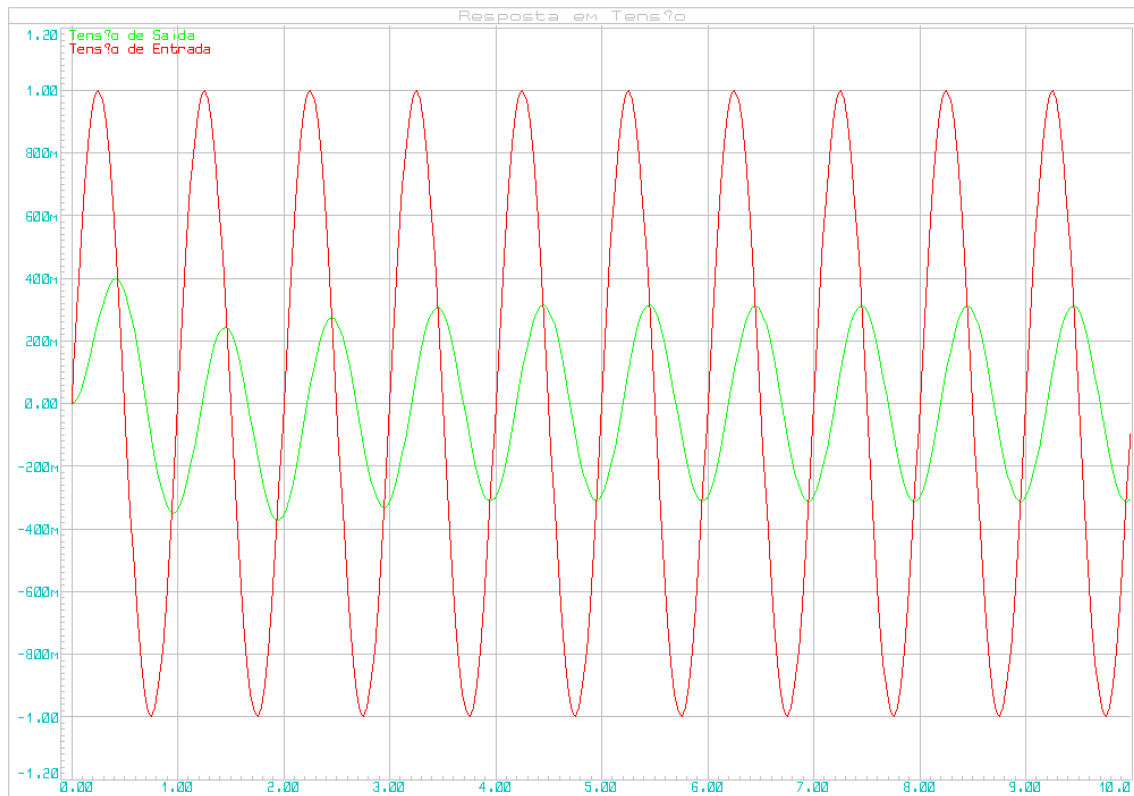


Figura 10 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

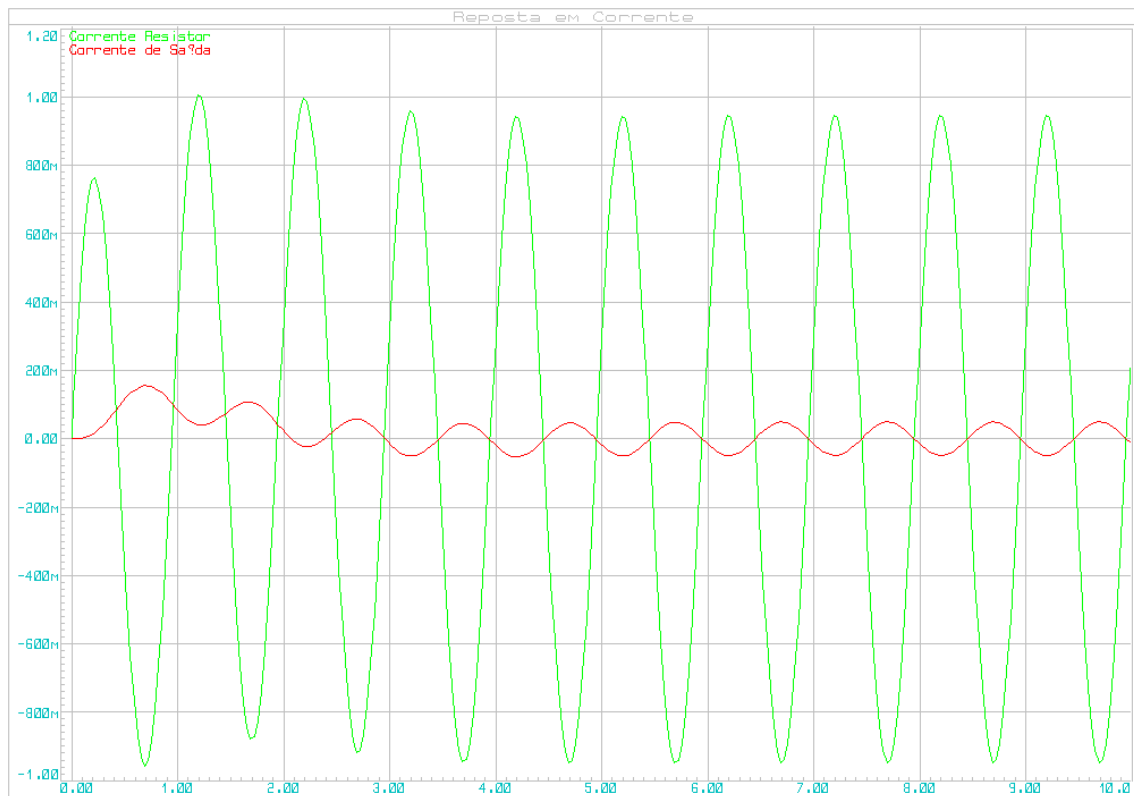


Figura 6 Corrente de Saída e Corrente do Resistor

Comentários

Na terceira resposta de entrada do circuito, temos um sinal senoidal de amplitude 1 e frequência 1, como o circuito é linear apresenta na sua saída também comportamento senoidal. Resistor se encontra sincronizado com a entrada. Com a presença desse sinal periódico o capacitor funciona meio que sincronizado hora alimentando o circuito na fase negativa da senoide hora sendo carregado na fase positiva da mesma. O indutor em paralelo com o capacitor enxerga o mesmo comportamento de tensão e por esse motivo também a corrente apresenta comportamento similar senoidal, contudo como o indutor dificulta a passagem da corrente, devido a oscilações, a mesma se apresenta na saída bastante amortecida, em relação a entrada há ainda uma pequena perda da amplitude na saída do resistor cuja corrente apresenta leves variações advindas do transitório. O circuito se estabiliza na corrente e na tensão, mas ainda periódico. Há reação do circuito em função da frequência da entrada o que dá ao circuito possivelmente as características de um filtro passa banda, mas as variações precisam ser analisadas para saber exatamente em qual frequência está sintonizado ainda se pode ver que em relação a corrente do resistor houve uma inversão do sinal na saída.

Resposta ao Sinal Cosseno(2t)

Resposta em Tensão

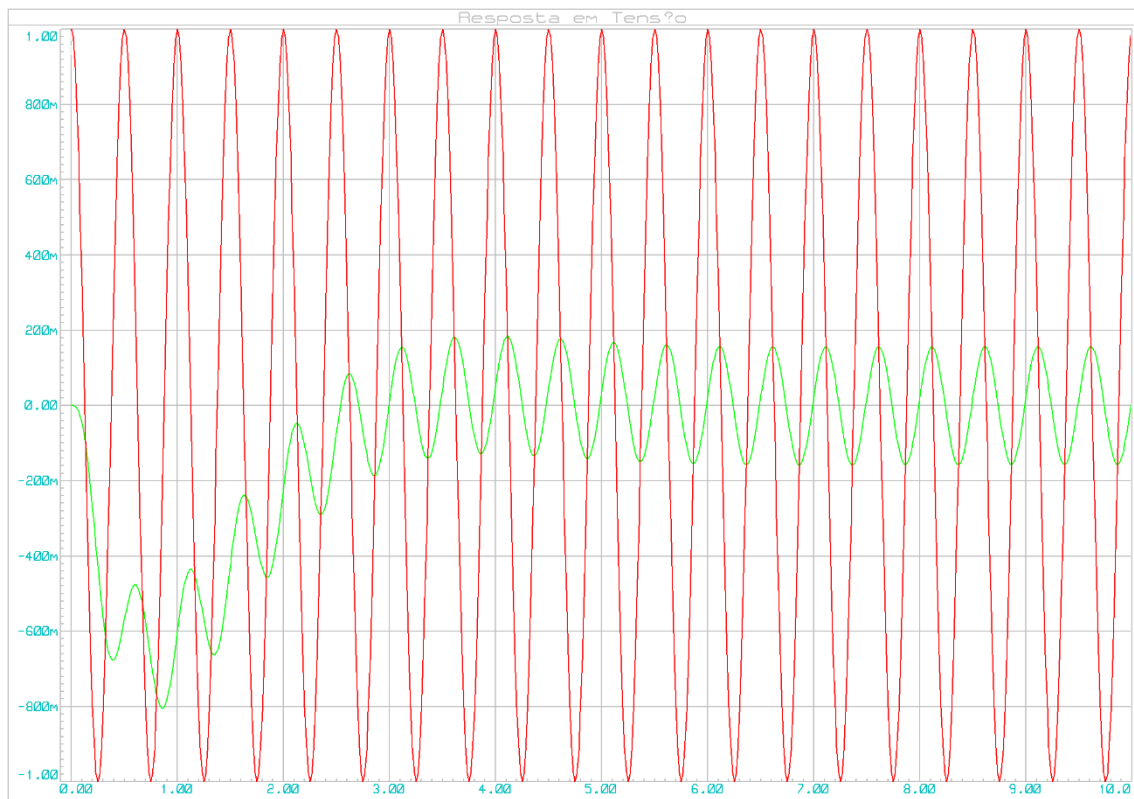


Figura 7 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

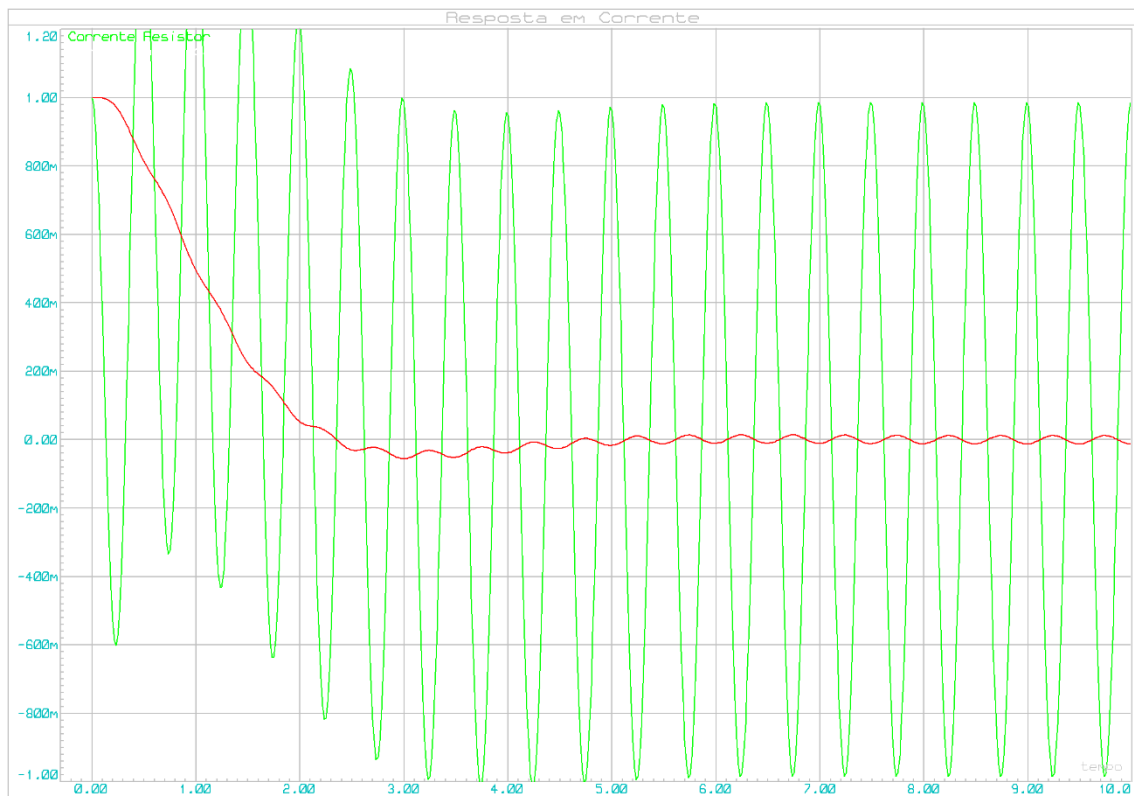
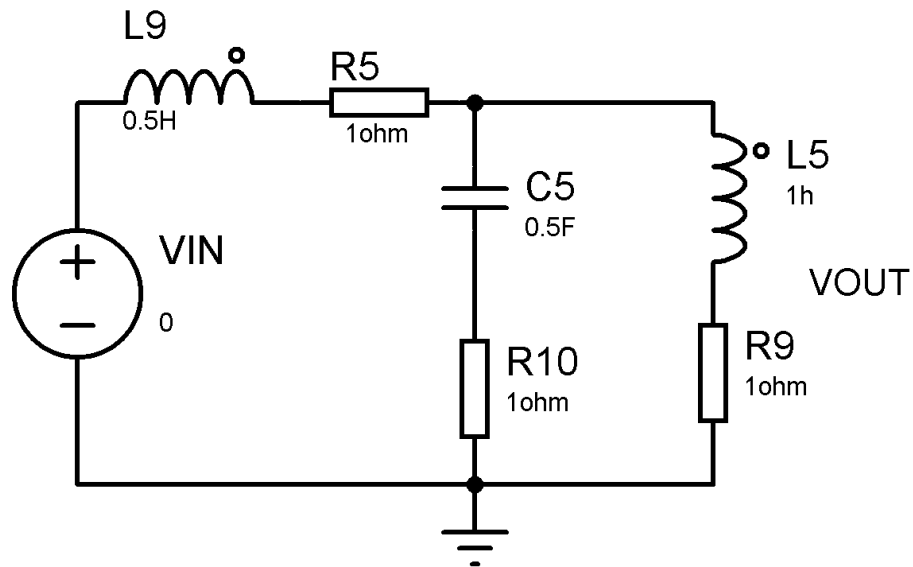


Figura 8 Corrente de Saída e Corrente do Resistor

Comentários

Na quarta resposta temos um sinal na forma de $\cos(2t)$, o comportamento do capacitor é similar ao da simulação anterior, recarrega na fase positiva e descarrega na fase negativa do sinal de entrada. No resistor temos corrente e tensão sincronizados com a entrada. No indutor temos o mesmo comportamento também, contudo devido ao ângulo ter um coeficiente no sinal de entrada maior que 1 as variações de corrente são mais intensas e por esse motivo a corrente se apresenta mais amortecida na saída, ainda também devido ao comportamento do capacitor a tensão apresenta uma queda na amplitude em torno de $\frac{1}{2}$ por conta das compensações que ocorrem em função da característica oscilatória da entrada. Após o transitório o sistema se estabiliza com formato similar a entrada mantendo sua característica linear. Percebe-se também que o mesmo atua como um filtro, e houve a inversão do sinal de corrente na saída em relação ao sinal de corrente do resistor e um atraso de saída em função da entrada..

Apresentação do Circuito 2



Analise do Circuito

$$Y_{out} = Y_l = \frac{4X + 2X^s}{s^3 + 2s^2 + 2s}$$

$$V_{out} = V_l + V_{r9} = \frac{2Xs^2 + 6Xs + 4X}{s^3 + 2s^2 + 2s}$$

$$Y_r = Y_l = 2X/s$$

Resposta ao Impulso Unitário

Resposta em Tensão

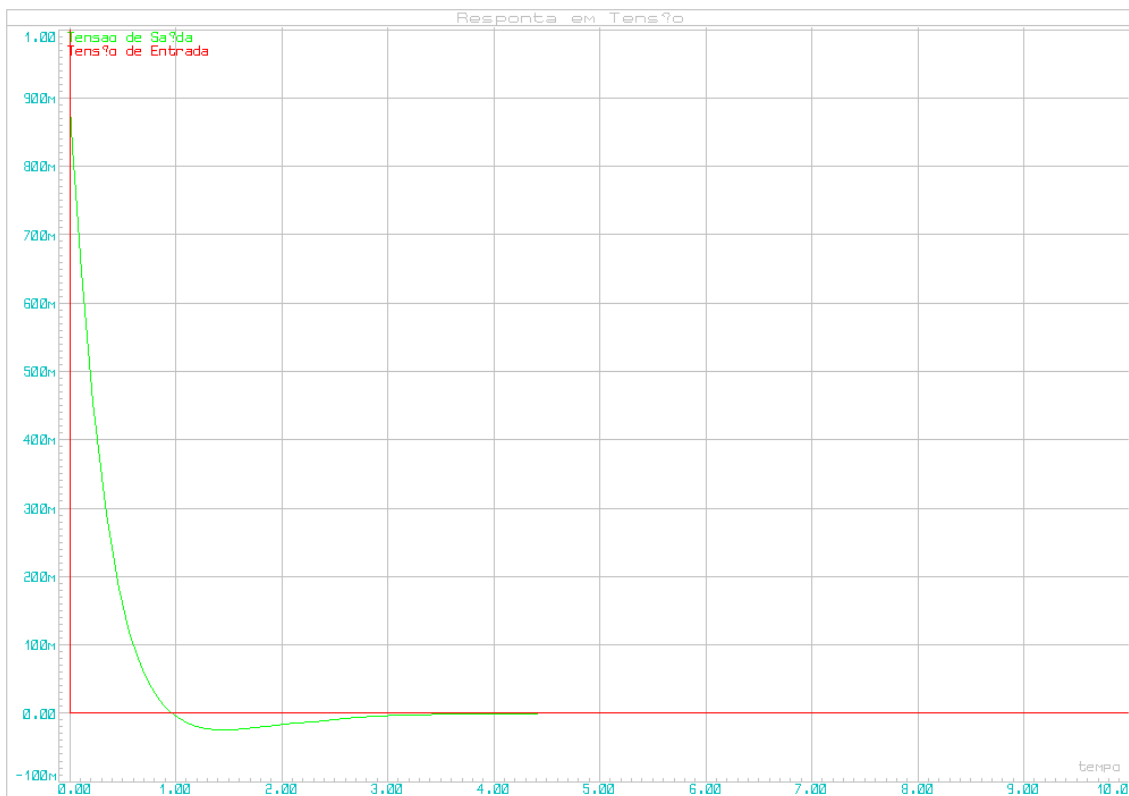


Figura 10 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente



Figura 11 Corrente no Resistor e Corrente de Saída

Comentários

Após o impulso há uma pequena carga no capacitor que passa a alimentar o circuito a partir de $t = 0$, com isso a corrente no primeiro conjunto indutor – resistor tende a zero, mas rapidamente, pois o indutor havia mantido alguma corrente advinda da variação de tensão do impulso sobre ele, e por conseguinte a tensão em função do tempo ainda com pequenas oscilações aparentemente senoidais. No outro lado do circuito que está em paralelo com o capacitor há uma variação muito pequena de tensão e corrente por conta da baixa carga do capacitor. Pelo gráfico ainda podemos ver se aumentarmos a escala perceberemos a presença das funções trigonométricas no sinal e dos modos característicos na resposta ao impulso. Os resistores em série com o capacitor e com o indutor interferem na saída amortizando a parte senoidal do impulso fazendo com que a saída chegue a zero mais rapidamente com menos amplitude nas oscilações senoidais presentes nos sinais.

Resposta ao Degrau Unitário

Resposta em Tensão

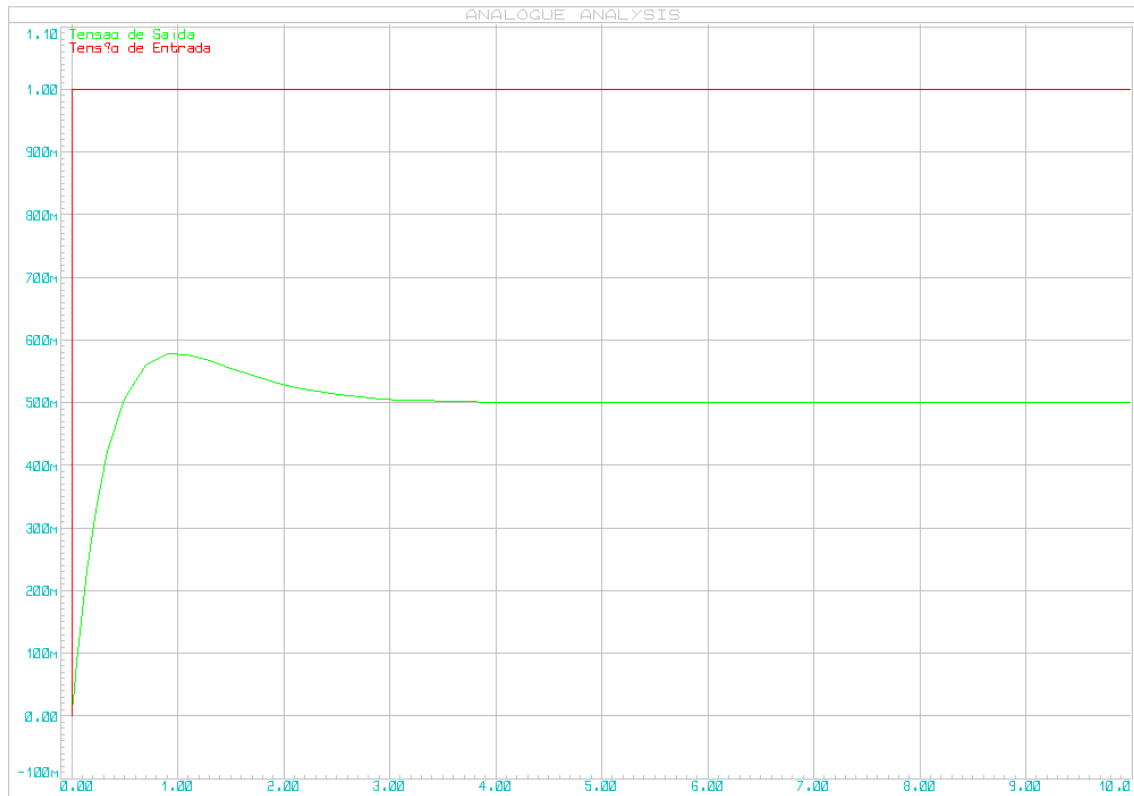


Figura 12 Sinal de Entrada e Sinal de Saída

Resposta em Corrente

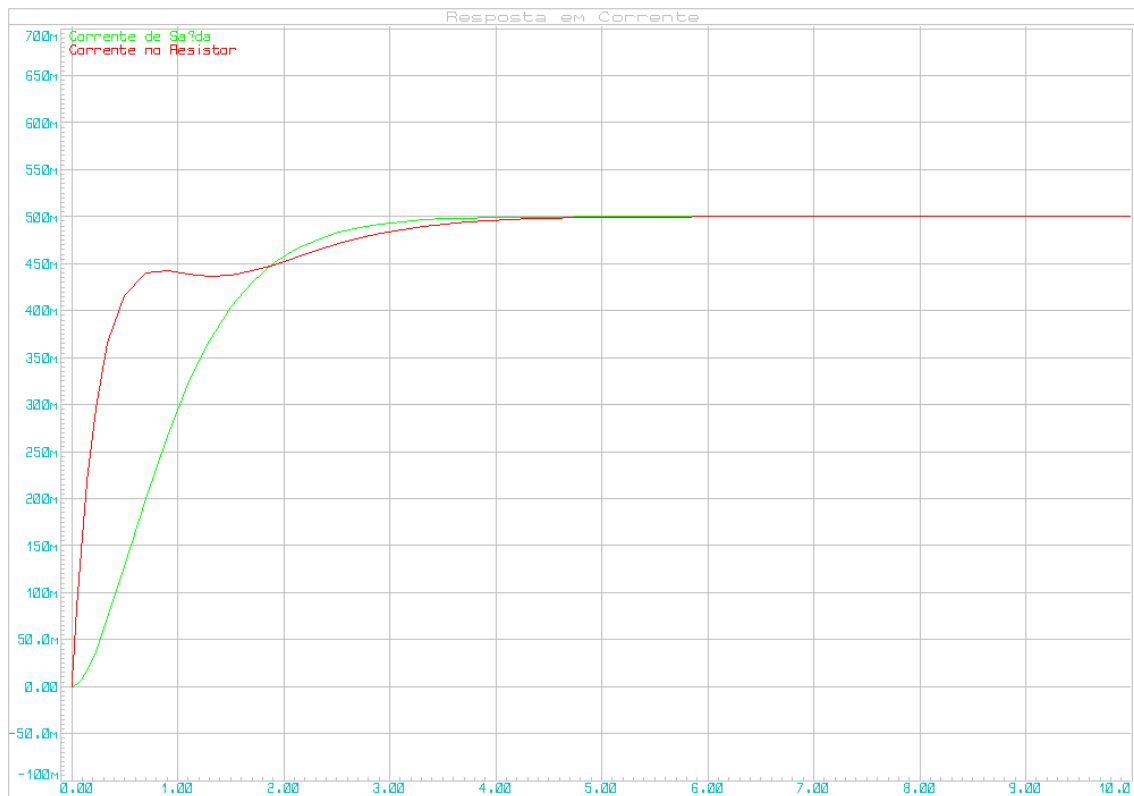


Figura 13 Corrente Resistor R5 E Corrente na Saída

Comentários

Com a alimentação contínua do sinal de entrada temos a carregamento contínuo do capacitor no tempo que o faz se visto, em dado instante, no circuito como um curto em conjunto com o resistor em série com o mesmo. Enquanto isso acontece, no indutor na saída ocorre o atraso da subida da corrente de saída e o resistor, em série com este, faz com a variação da tensão de saída seja ainda mais sutil quase não deixando aparecer o comportamento oscilatório do transitório. Conforme o sistema se estabiliza, para $t \rightarrow \infty$, ambos indutores passam a ser vistos como condutores no circuito e os resistores passam a ser vistos em série. As saídas, após o transitório, podem ser obtidas através da simples aplicação da lei de coulomb e a tensão se divide entre os dois resistores “vistos” agora em série o que justifica os sinais convergirem pra um valor fixo .

Resposta ao Sinal Seno

Resposta em Tensão

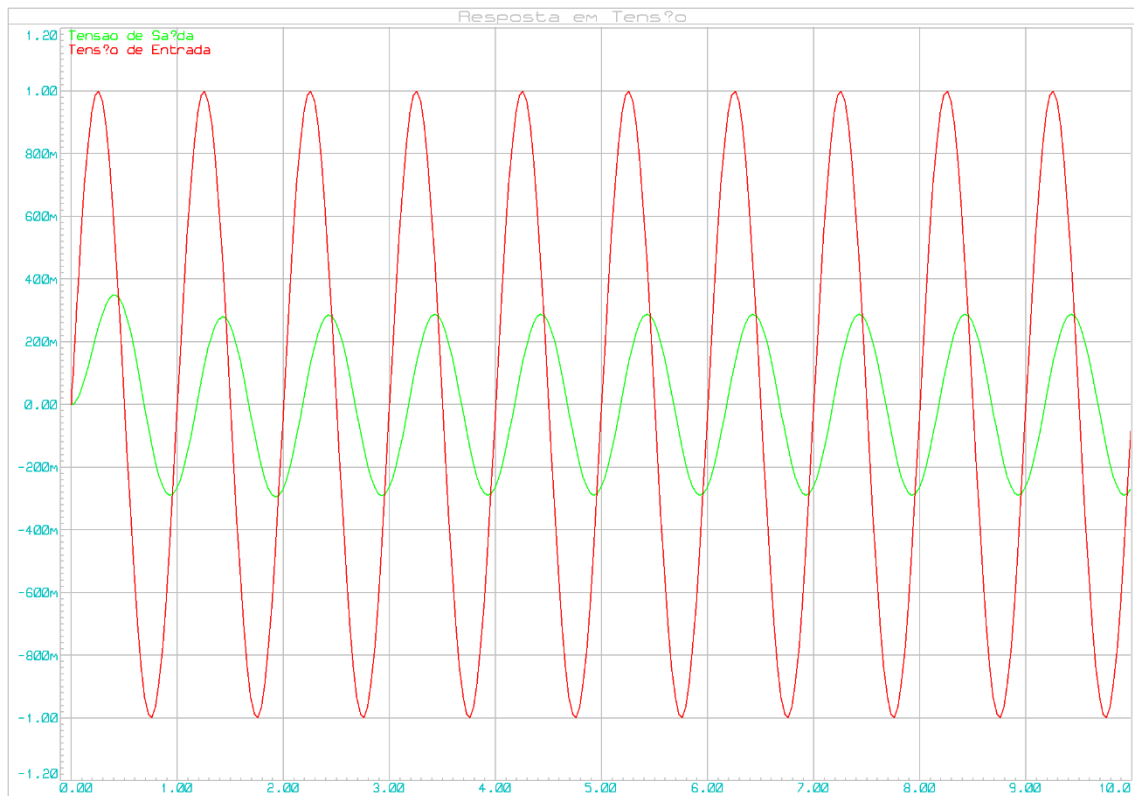
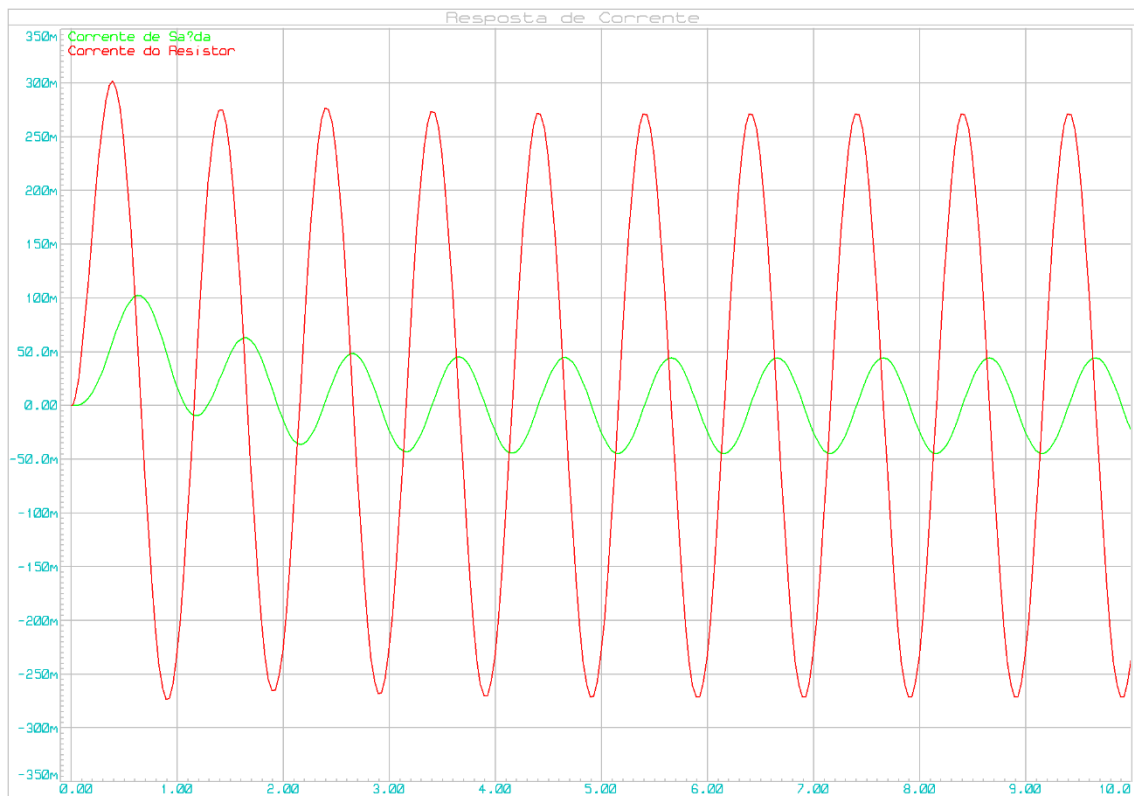


Figura 10 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente



Comentários

Inicialmente percebemos uma pequena oscilação na amplitude do circuito na fase de transitório do circuito e a tensão de entrada se divide entre os componentes na fase positiva causando a carga no capacitor e na fase negativa o capacitor compensa a queda de tensão da fonte mantendo a característica oscilatória no circuito, devido a esse processo o circuito tem sua corrente atenuadas nos indutores por conta da característica do indutor resistir a variação de corrente. O circuito responde em frequência com comportamento de filtro o gráfico que vemos possui frequência 1 e amplitude 1, provavelmente passa banda com ganho entre 0.1Khz e 0,25Khz. Os resistores em serie com o capacitor e indutor em paralelos atenuam a amplitude da variação do transitório na corrente do resistor e na corrente na saída.

Resposta ao Sinal $\cos(2t)$

Resposta em Tensão

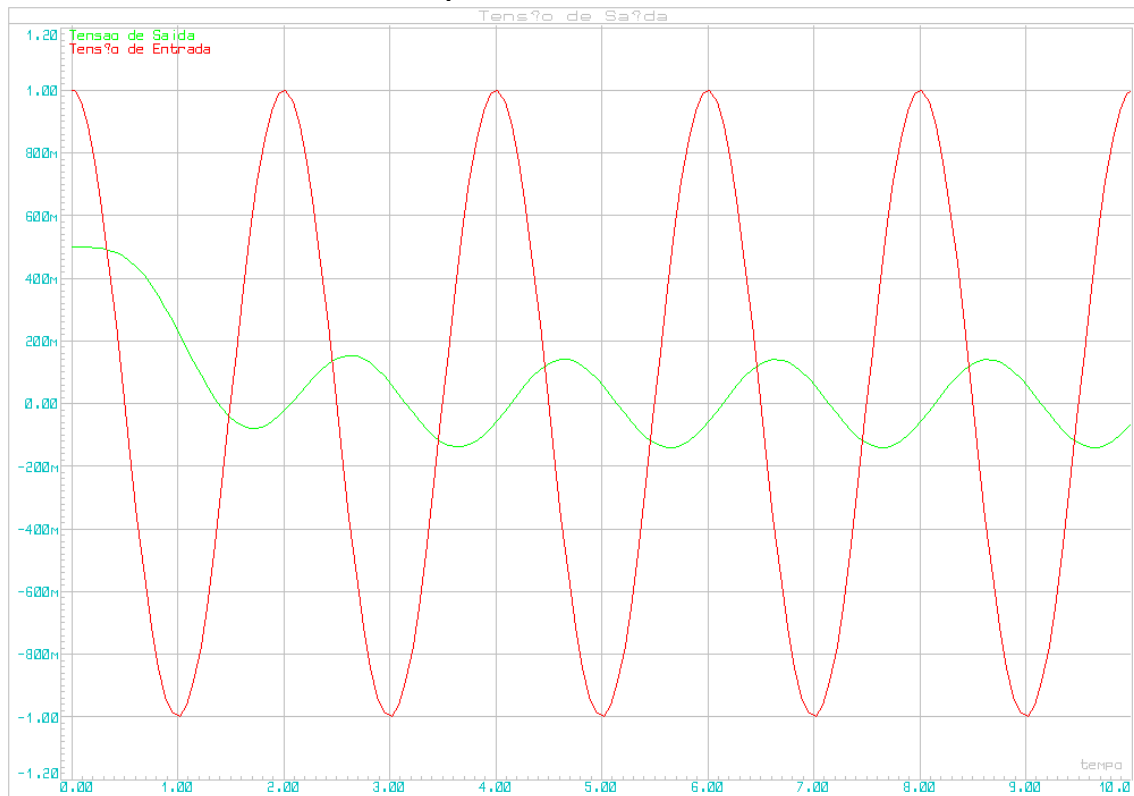


Figura 15 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

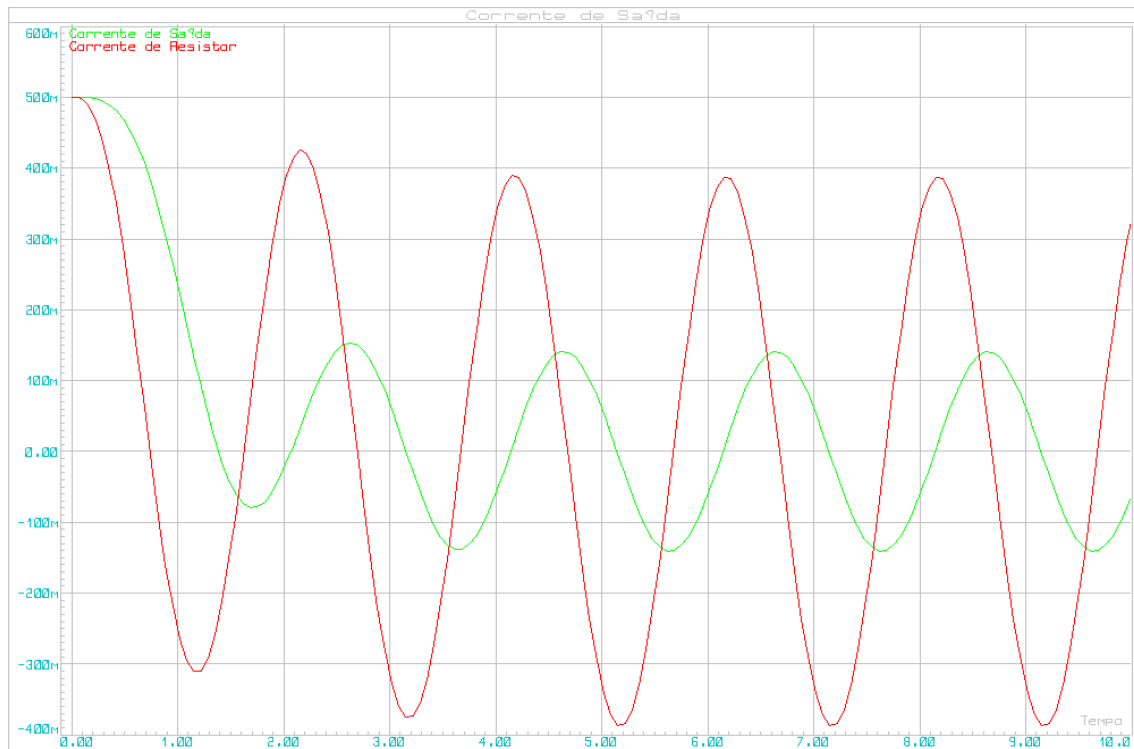
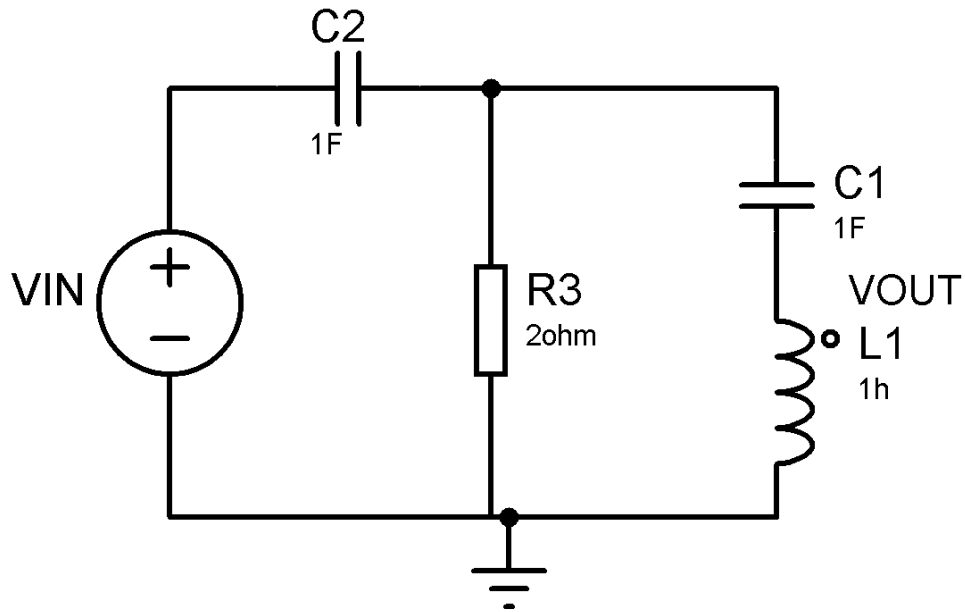


Figura 16 Corrente de Saída e Corrente do Resistor

Comentários

O circuito no início tem amplitude 1 volt de tensão, mas como o comportamento do capacitor é de compensar a fase negativa da onda de entrada com a carga que o mesmo vai obtendo pela distribuição das tensões nos componentes, logo o circuito começa a ter um comportamento muito similar ao da simulação anterior. Os indutores também amortecem o sinal de corrente de saída e do primeiro resistor de acordo com a oscilações da corrente, e os resistores em série com o indutor e o capacitor em paralelo, atenuam a amplitude da oscilação na fase de transitório. O circuito continua respondendo em frequência na forma de passa banda, e como o sinal de entrada tem o dobro da frequência do sinal da simulação anterior tem suas amplitudes corrente e frequência bastante atenuadas pois a sua frequência está fora da banda de passagem do circuito.

Apresentação do Circuito 3



Analise do Circuito

$$Y_C = \frac{Xs(2s^4 + s^3 + 4s^2 + s) + 4Xs^3}{2s^3 + s^2 + 4s + 1}$$

$$Y_o = Y_{C1} = \frac{2Xs^2}{2s^3 + s^2 + 4s + 1}$$

$$V_{out} = V_C + V_L = \frac{2Xs + 2Xs^3}{2s^3 + s^2 + 4s + 1}$$

Analise do Circuito 3

Resposta ao Impulso Unitário

Resposta em Tensão

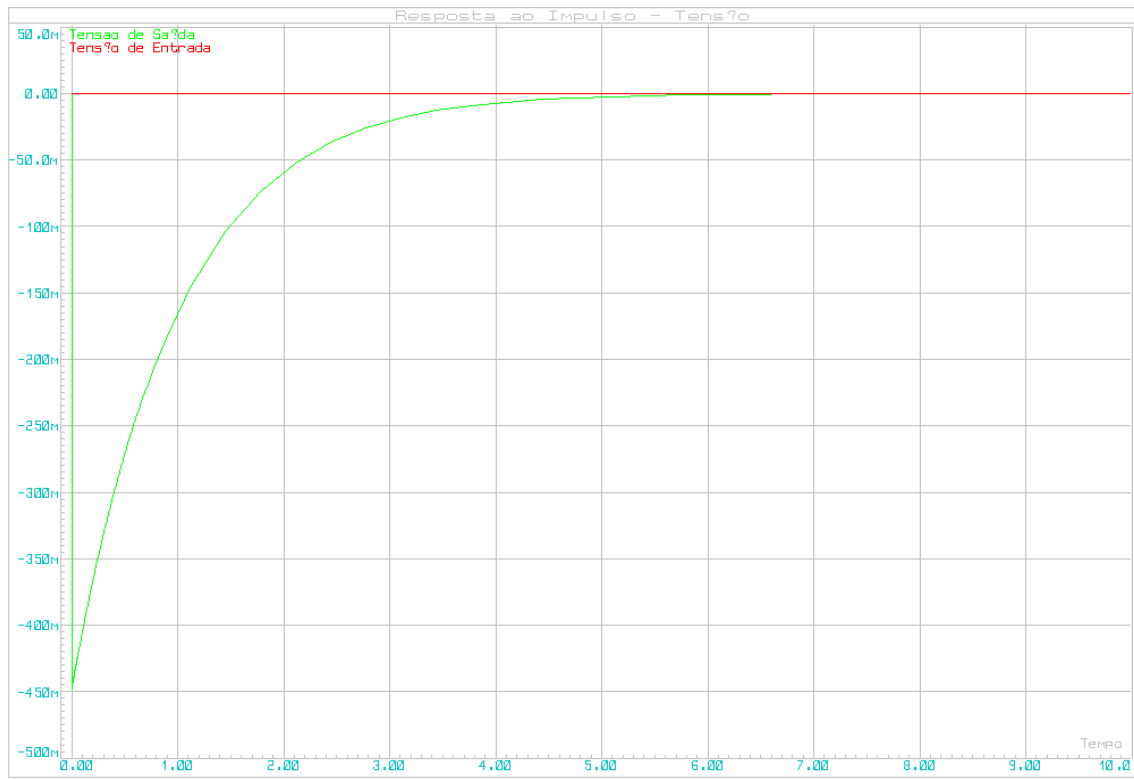


Figura 17 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

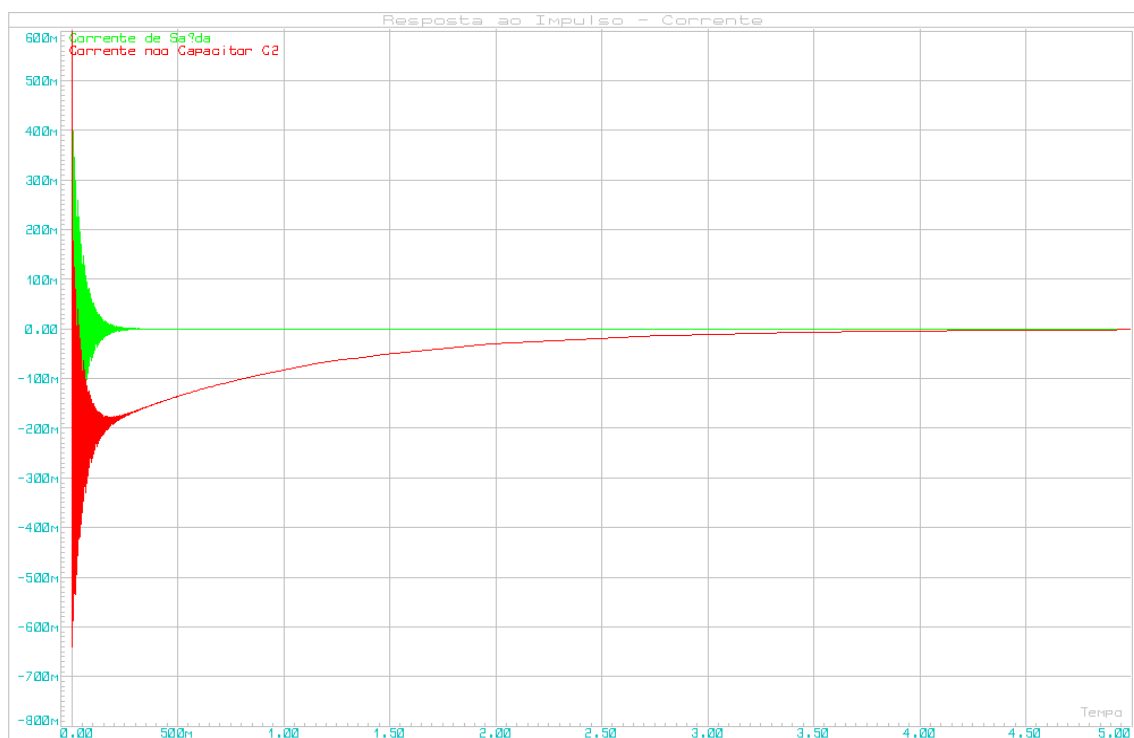


Figura 18 19 Corrente de Saída e Corrente no Capacitor

Comentários

Após o impulso o capacitor C2 em série com a fonte está carregado com polarização inversa e força o fluxo de corrente no seu sentido. Na alimentação pelo capacitor C1, a tensão é distribuída no tempo entre os outros componentes, de forma que a tensão no resistor é igual a soma das tensões no capacitor e no indutor em paralelo o que faz com que o capacitor C2 comece a polarizar positivamente e o ciclo se repete. Enquanto os ciclos de polarização acontecem a tensão é dissipada sobre o resistor e no indutor a corrente é muito atenuada por conta das variações rápidas de corrente no capacitor. O resistor no centro do circuito atenua a tensão do circuito nos ciclos de troca de alimentação entre C1 e C2. No final temos as saídas oscilando e tendendo a zero o que mostra a presença dos modos característicos do sistema com raízes negativas e a presença de sinais trigonométricos na resposta ao impulso do circuito.

Resposta ao Degrau Unitário

Resposta em Tensão

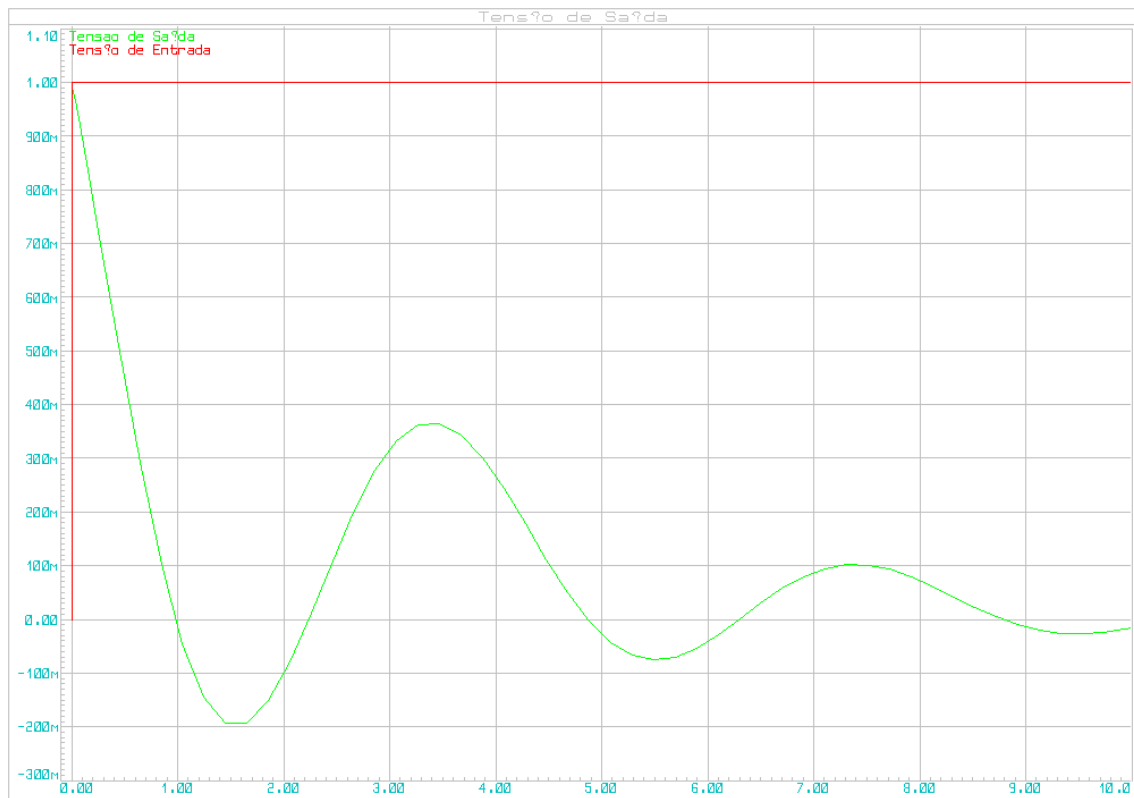


Figura 20 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

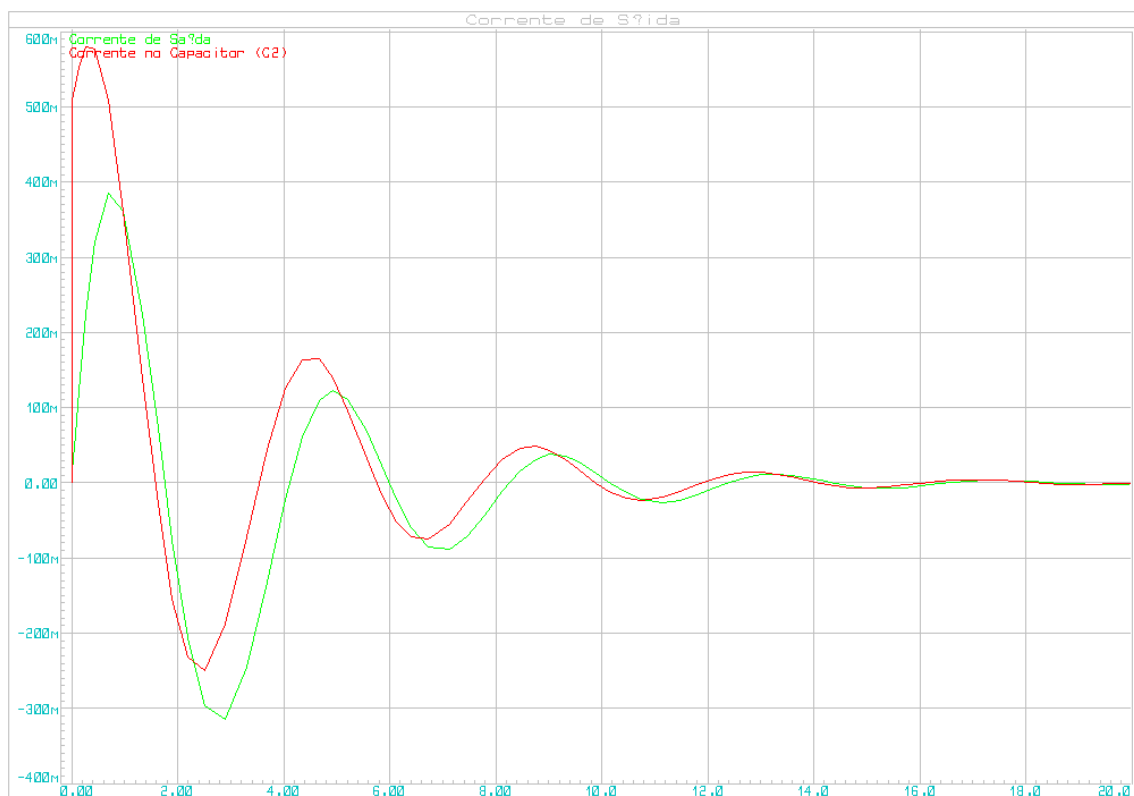


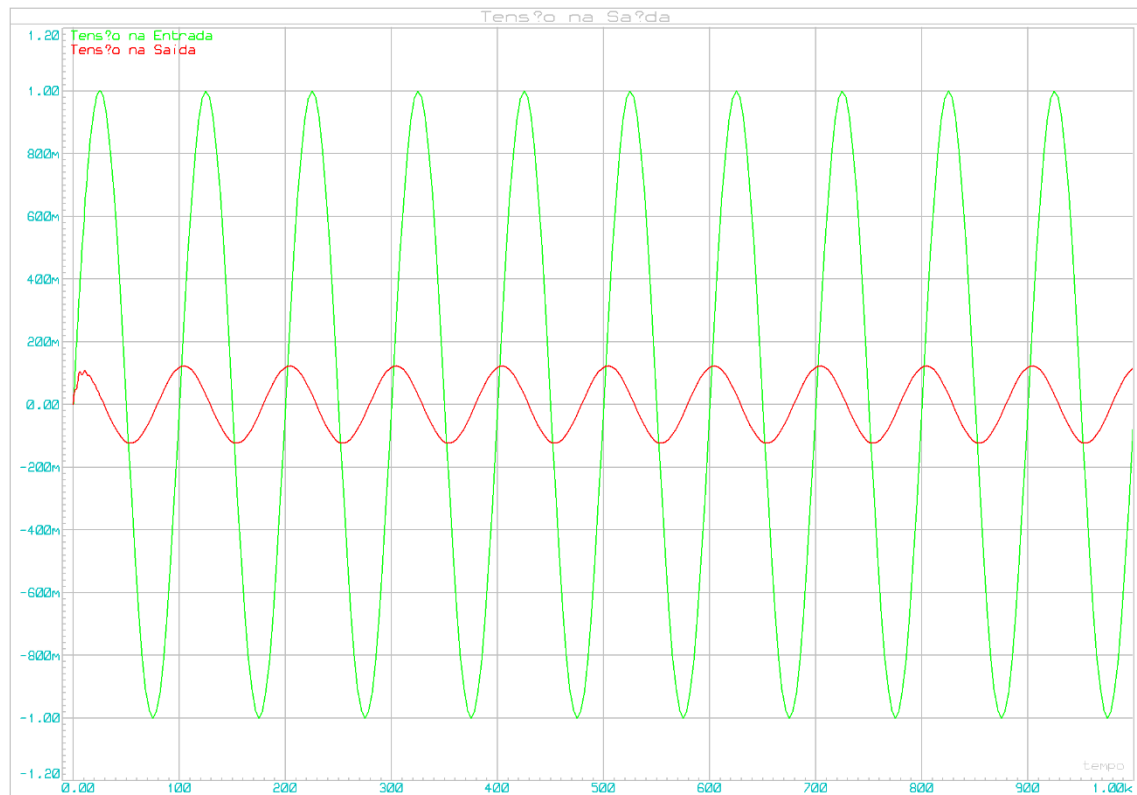
Figura 21 22Corrente de Saída e Corrente no Capacitor

Comentários

Com a alimentação do degrau unitário, uma tensão constante de amplitude 1V. A tensão de saída do capacitor C2 é vista tanto pelo resistor como pelo conjunto Capacitor C1-Indutor o circuito tem uma queda na amplitude em função do tempo com comportamento trigonométrico(oscilatório) e os modos característicos presentes puxam as saídas do circuito para zero. Isso acontece pois com a alimentação constante no capacitor C2 este passa a alimentar o circuito e a tensão no resistor é igual no conjunto Capacitor C1-Indutor.O Capacitor C1 passa a carregar com o mesmo sinal de tensão do Capacitor C2 apresentando esse sinal na saída no transitório do sistema. Conforme o tempo passa o Capacitor C2 passa a ser visto como curto, por conta da alimentação continua da entrada, com isso a alimentação do circuito cessa e o Capacitor C1 se descarrega e as saídas tensão e corrente vão pra zero.

Resposta ao Sinal Seno

Resposta em Tensão



Resposta em Corrente

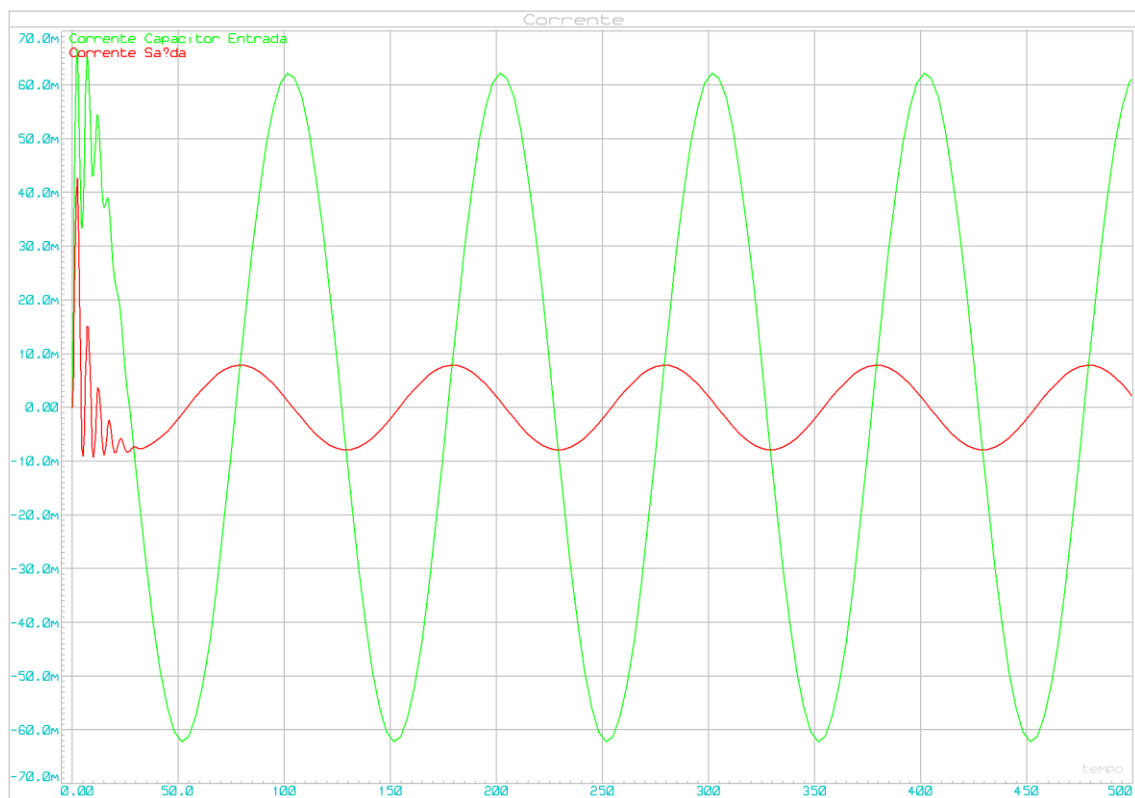


Figura 10 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Figura 23 Corrente de Saída e Corrente no Capacitor

Comentários

Inicialmente percebemos uma pequena oscilação na amplitude do circuito na fase de transitório do circuito e após isso o circuito se estabiliza. Devido as oscilações constantes provocadas pelo fluxo de tensão nos dois capacitores a corrente de saída se apresenta atenuada e por conta de o indutor ser resistente a variação brusca de corrente. O primeiro capacitor compensa a fase negativa do sinal de entrada enquanto o segundo compensa a fase negativa do primeiro capacitor na alimentação do circuito. O circuito responde em frequência e apresenta comportamento de filtro aparentemente passa alta, as frequências mais baixas são atenuadas enquanto as altas são preservadas ou amplificadas isso no indutor faz a corrente tender pra zero conforme a frequência aumenta.

Resposta ao Sinal $\cos(2t)$

Resposta em Tensão

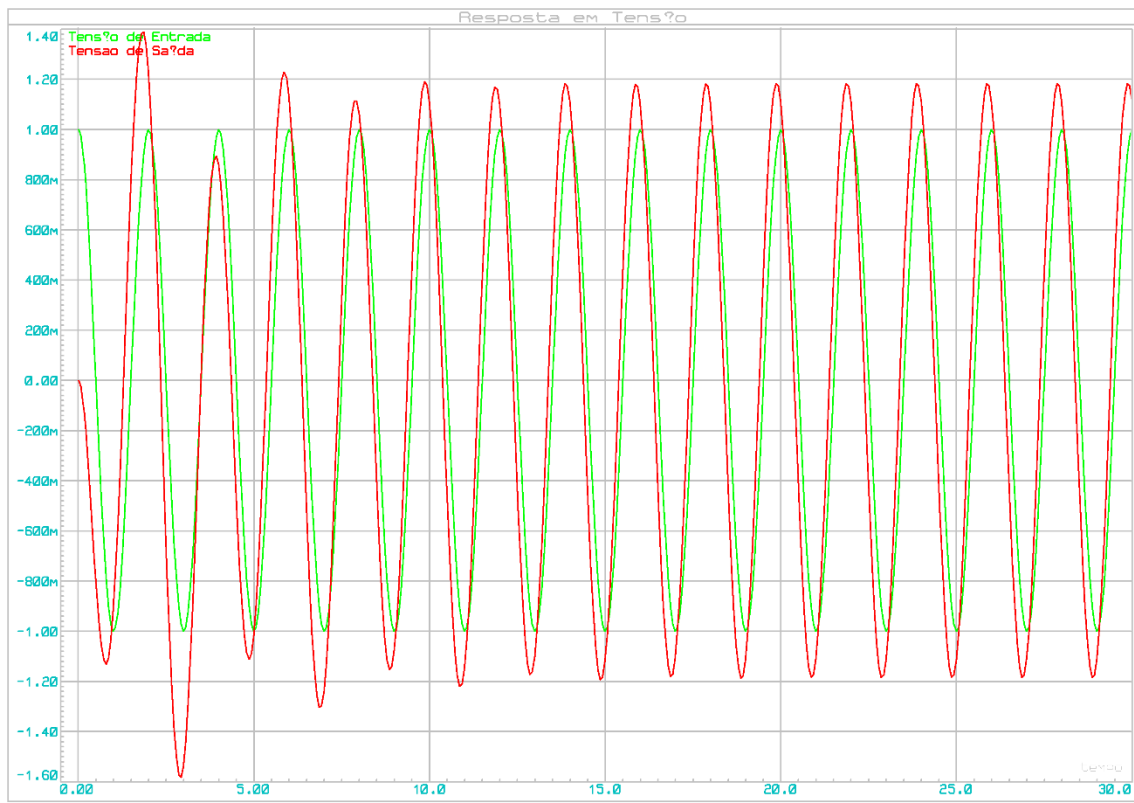


Figura 24 Tensão de Saída e Tensão de Entrada

Resposta em Corrente

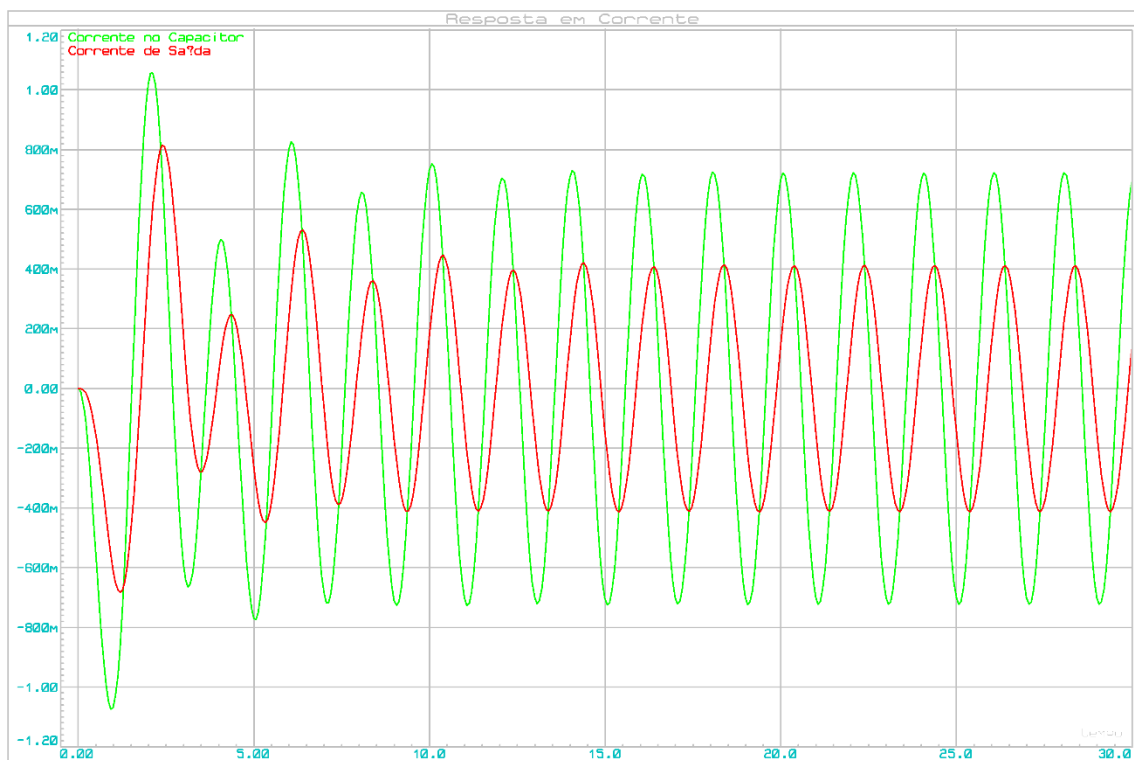


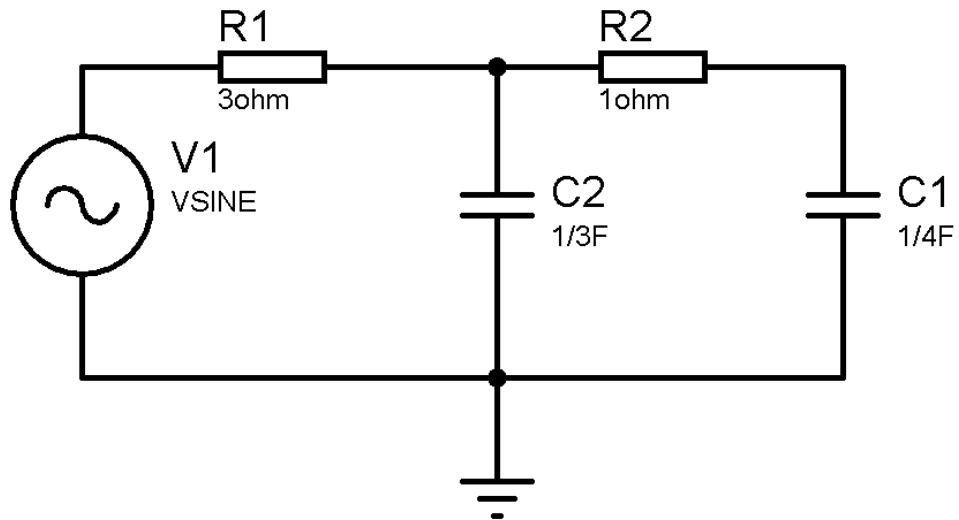
Figura 25 Corrente de Saída e Corrente do Resistor

Comentários

Com a entrada em forma de $\cos(2t)$ inicialmente percebemos uma oscilação significativa na amplitude do circuito na fase de transitório e a linearidade do circuito em relação a entrada. O comportamento do circuito no tempo é semelhante ao da simulação anterior com o sinal $\sin(t)$. Devido as oscilações constantes provocadas pelo fluxo de tensão nos dois capacitores a corrente de saída se apresenta atenuada e por conta de o indutor ser resistente a variação brusca de corrente. Os capacitores oscilam em ciclos de carga e descarga tentando manter a tensão do circuito positiva. O circuito continua tendo comportamento aparente de filtro aparentemente passa alta, as frequências mais baixas na tensão são atenuadas enquanto as altas são preservadas ou amplificadas, no indutor vemos que a corrente cada vez mais atenuada em função do aumento da frequência.

Análise na Frequência

Circuito 1



Função de Transferência do Circuito

$$H(s) = \frac{4}{s^2 + 8s + 4}$$

Função do Ganho de Tensão na Frequência do Circuito

$$|H(w)| = \frac{4}{\sqrt{(4 - w^2)^2 + 16w^2}}$$

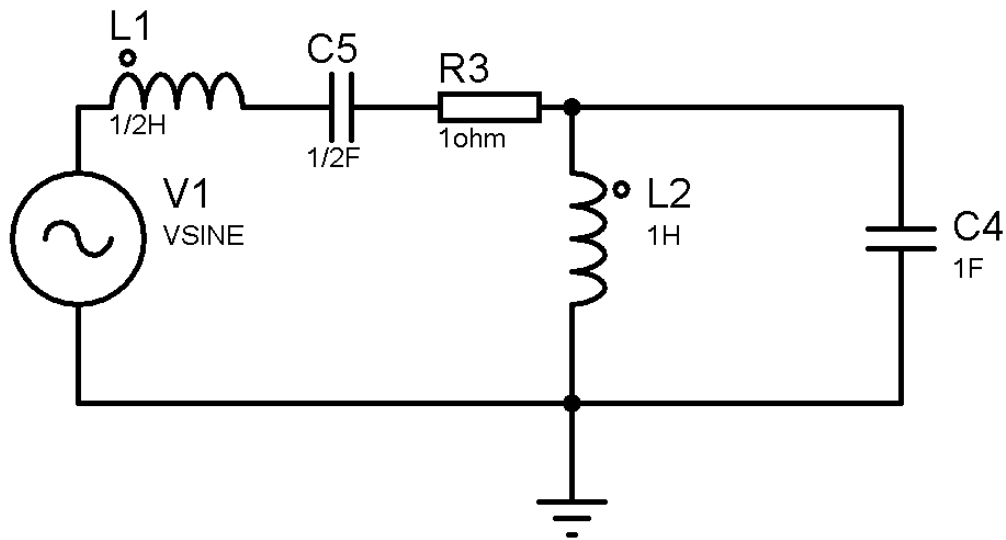
Gráfico do Ganho de Tensão



Comentário

O gráfico de frequência-ganho do circuito claramente demonstra que o mesmo se comporta diante de um sinal periódico como um filtro passa baixa atenuando frequências apartir de 20 mHz e dando ganho de até o limite de 1 para frequências que tendem a zero.

Circuito 2



Função de Transferência do Circuito

$$H(s) = \frac{2s^2}{s^4 + 2s^3 + 7s^2 + 2s + 4}$$

Função do Ganho de Tensão na Frequência do Circuito

$$|H(s)| = \frac{\sqrt{(2w^2)^2}}{\sqrt{(w^4 + 2w^3 + 7w^2 + 2w)^2 + 16}}$$

Gráfico do Ganho de Tensão

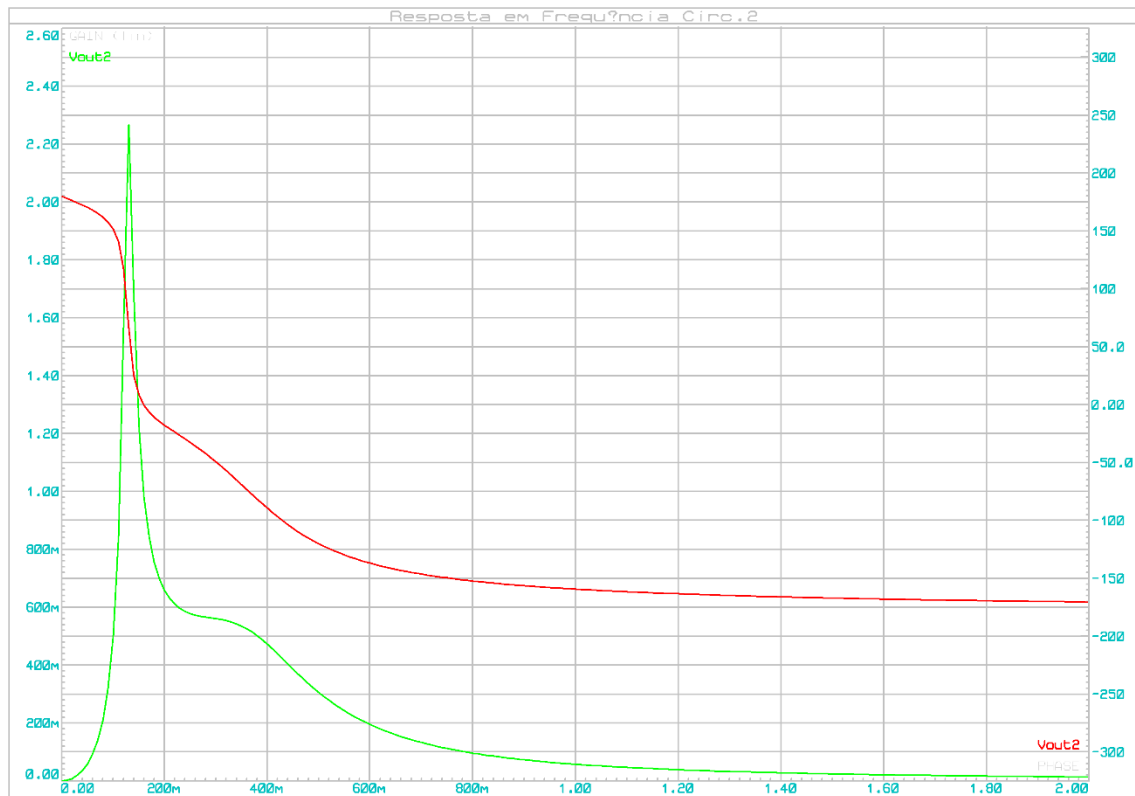
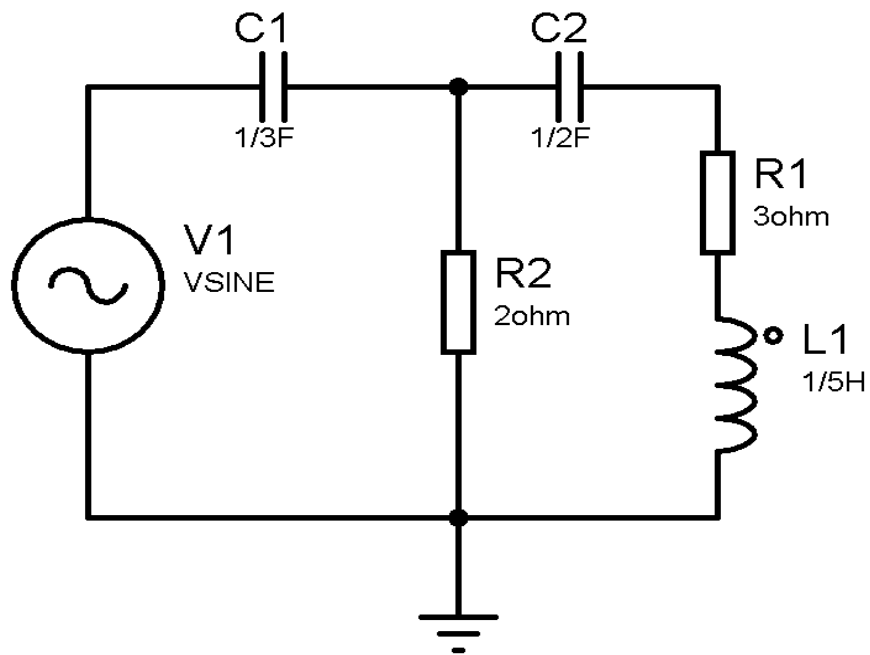


Figura 27 Ganho de Tensão em Função da Frequência no Circuito

Comentário

O gráfico de frequência- ganho do circuito demonstra que o mesmo se comporta diante de um sinal periódico como um filtro passa faixa ou passa banda, dando de ganho de até 1 para frequências entre 100-120 mHz aproximadamente e atenuando frequências fora dessa faixa.

Circuito 3



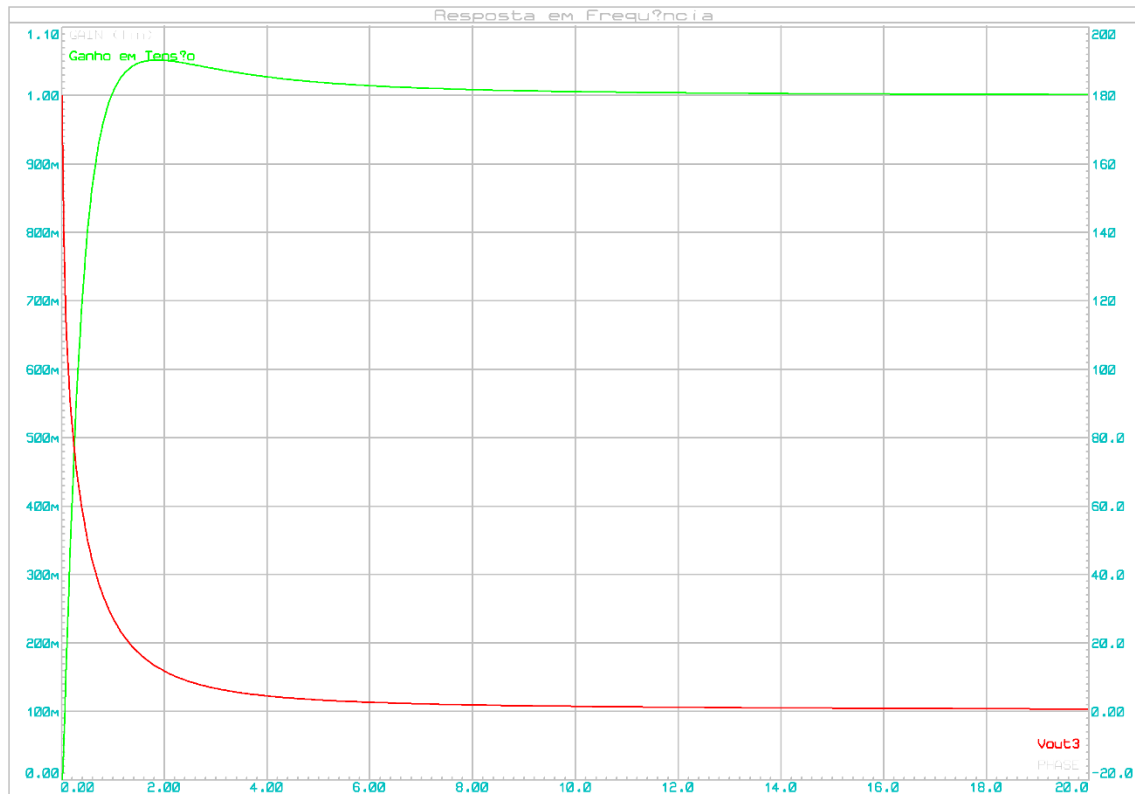
Função de Transferência do Circuito

$$H(s) = \frac{30s^2 + 2s^3}{2s^3 + 32s^2 + 95s + 30}$$

Função do Ganho de Tensão na Frequência do Circuito

$$|H(s)| = \frac{\sqrt{(30w^2 + 2w^3)^2}}{\sqrt{(2w^3 + 32s^2 + 95s)^2 + 900}}$$

Gráfico do Ganho de Tensão



Comentário

O gráfico de frequência- ganho do circuito demonstra que o circuito se comporta diante de um sinal periódico como um filtro passa alta, dando ganho na maior parte de até 1 para frequências acima de 1Hz e atenuando frequências abaixo dessa frequência.