

Experimento 1: Simulações LTspice

Yuri Shumyatsky

231012826@aluno.unb.br

231012826

Turma T02

Aluno 2

aluno2@aluno.unb.br

00/0000000

Turma A/D

Aluno 3

aluno3@aluno.unb.br

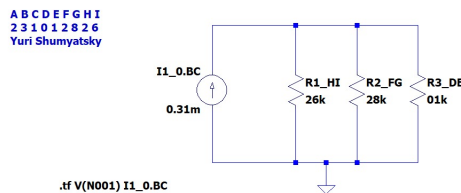
00/0000000

Turma A/D

1. Procedimento experimental

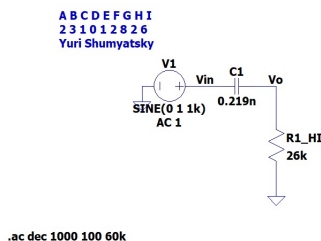
O experimento 1 consiste em uma familiarização com o software LTspice para simulações de circuitos. As primeiras simulações são de um circuito divisor de corrente, com $R_1 = 26k\Omega$, $R_2 = 28k\Omega$, $R_3 = 1k\Omega$

Figura 1. Circuito divisor de corrente



Algumas simulações são feitas para um filtro RC passa altas com frequência de corte de 28kHz, no entanto. Essas são as Análises AC. Os valores dos componentes para esse circuito são $R_1 = 26k\Omega$, $C_1 = 0.219nF$ e uma fonte de tensão senoidal com amplitude de 1V.

Figura 2. Circuito filtro passa-altas



2. Resultados e análises

2.1. Análise de Ponto de Operação

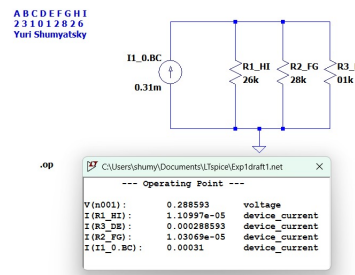
Para o divisor de corrente analisado, a resistência equivalente é de $0.93k\Omega$ e portanto as correntes i_1 , i_2 , i_3 podem ser calculadas usando a fórmula:

$$i_n = \frac{R_{eq}}{R_n} i$$

O que resulta em $i_1 = 0.01109mA$, $i_2 = 0.0103mA$, $i_3 = 0.288mA$. Além disso, o cálculo da tensão do nó N001 é simplesmente $U = R_{eq}i$, resultando em $U = 0.2883V$

A análise de ponto de operação resultou em valores compatíveis com esses cálculos.

Figura 3. Resultados análise DC op pnt



2.2. Análise Transiente

Para a análise transiente, a fonte deixa de ser DC e passa a ser um sinal triangular com período de 2ms e amplitude de 0.31mA.

Seguem os gráficos das correntes.

Figura 4. Correntes fonte e R_1



Figura 5. Correntes fonte e R_2

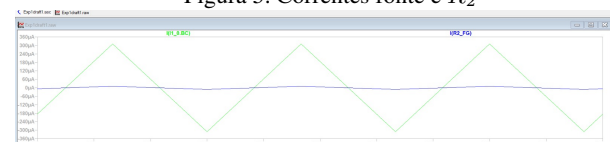
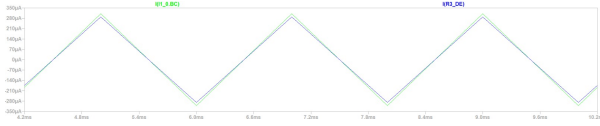
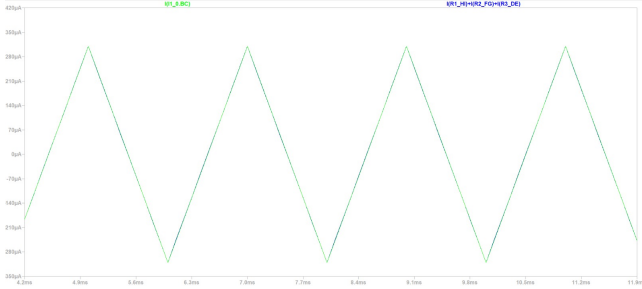


Figura 6. Correntes fonte e R_3



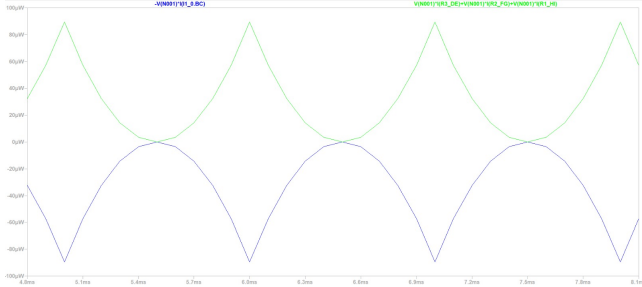
O próximo gráfico mostra a validade da Lei das Correntes de Kirchhoff, ao comparar a corrente da fonte com a soma das correntes nos resistores.

Figura 7. Validação da Lei das Correntes de Kirchhoff



De forma semelhante, a figura 8 mostra a validade do Teorema de Tellegen ao comparar as potências fornecidas e dissipadas na fonte e nas resistências.

Figura 8. Validação do Teorema de Tellegen



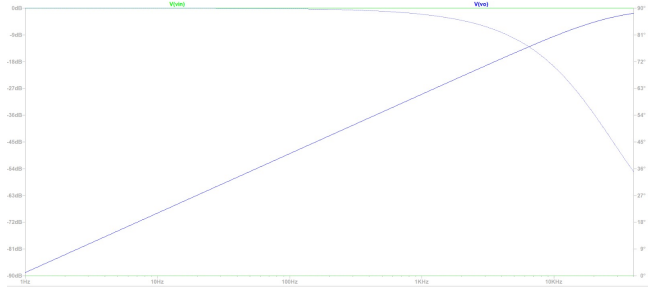
2.3. Análise AC

Essa análise é feita sobre o circuito filtro passa-altas. Para calcular o valor da capacitância necessário para que a frequência de corte seja 28kHz , usa-se a seguinte fórmula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot 26 \cdot 28 \cdot 10^6} = 0.219 \cdot 10^{-9} F$$

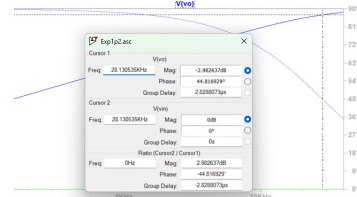
Assim, são plotadas as respostas em amplitude e em fase do circuito na Figura 9.

Figura 9. Resultado Análise AC



Como $\frac{P_o}{P_i} = \frac{V_o}{V_i} \frac{I_o}{I_i} = |H(j\omega)|^2$, $H(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}$, e na frequência de corte $\omega = \frac{1}{RC}$, $|H(jf_c)|^2 = 1/2$, o que na escala dB resulta em aproximadamente -3.01dB.

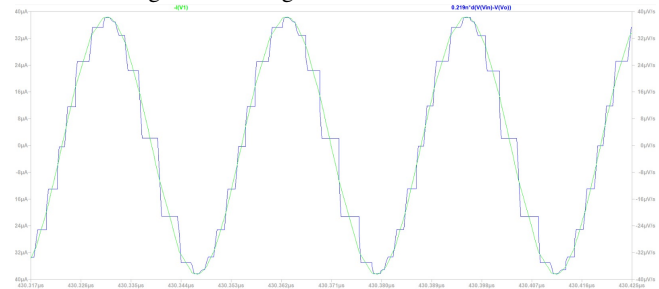
Figura 10. Análise Fator Po/Pi



Em seguida, é comparada a corrente fluindo pelo circuito com a curva calculada pelo LTspice através da fórmula:

$$I = C \cdot \frac{dV}{dt}$$

Figura 11. Plotagem da corrente calculada

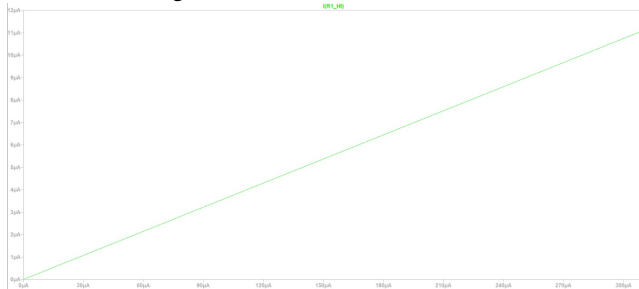


Como esperado, as curvas estão em concordância.

2.4. Varredura DC

Essa análise é novamente realizada com o circuito divisor de corrente, para obter a corrente de R_1 em função da corrente da fonte, entre 0 e 0.31mA.

Figura 12. Resultado Varredura DC

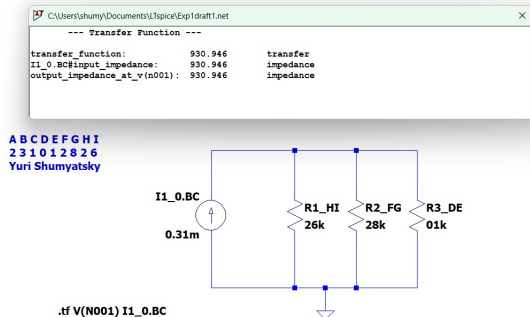


2.5. Análise da Função de Transferência

Essa análise também é feita para o divisor de corrente, calculando a função de transferência do circuito, definida aqui como $\frac{V_{R_1}}{I_{fonte}}$. Esses valores já foram calculados na subseção 2.1 e valem: $V_{R_1} = U = 0.2883V$ e $I_{fonte} = i = 0.31mA$. Além disso, a impedância calculada na análise é simplesmente R_{eq} , que sabemos ser $0.93k\Omega$. Assim, temos que a função de transferência equivale a $\frac{0.2883}{0.31} \cdot 10^3 = 930$.

Na Figura 12 está o resultado do cálculo do software.

Figura 13. Resultado Análise Função de Transferência



3. Conclusão

Neste experimento, foi possível familiarizar-se com o uso do software LTspice para a simulação de circuitos elétricos, abrangendo análises DC, AC e transientes. A análise do divisor de corrente permitiu compreender o cálculo da resistência equivalente e a distribuição das correntes nos resistores, confirmando experimentalmente a Lei das Correntes de Kirchhoff e o Teorema de Tellegen.

Para o filtro RC passa-altas, determinou-se a capacitância necessária para atingir a frequência de corte de 28 kHz e foram obtidas as respostas em amplitude e fase através de simulação AC. A comparação entre a corrente medida no circuito e a corrente calculada pelo software mostrou excelente concordância, validando o comportamento teórico do capacitor em sinais alternados.

As análises transiente e de varredura DC reforçaram a compreensão sobre a dinâmica do circuito diante de sinais

senoidais e triangulares, bem como a relação entre corrente e tensão nos elementos. A função de transferência do divisor de corrente foi confirmada numericamente, evidenciando a coerência entre teoria e simulação.

Em suma, o experimento permitiu consolidar conceitos fundamentais de circuitos elétricos e eletrônicos, a aplicação de leis básicas de corrente e tensão, e a prática de simulação computacional como ferramenta de análise. Além disso, evidenciou a importância de correlacionar cálculos teóricos com resultados simulados, reforçando a confiabilidade das simulações para o estudo de sistemas elétricos e eletrônicos.

Referências

- Razavi, B. Fundamentos de Microeletrônica, 2ª Edição, LTC, 2014.