

2ª PRÁTICA DE LABORATÓRIO

Introdução

Nesta prática estudaremos a influência da função de transferência na resposta em regime permanente senoidal de um circuito. Esta prática é dividida em duas partes, uma de análise teórica e outra a ser realizada em laboratório. Na análise teórica, aplicaremos os conhecimentos vistos em sala de aula para estimar a resposta em regime permanente quando o circuito em questão é submetido a uma entrada senoidal conhecida.

Como visto em sala de aula, a resposta de um circuito em regime permanente senoidal pode ser obtida por meio da função de transferência do circuito. Devemos realizar os seguintes passos:

- Conversão do circuito para o domínio da frequência usando os modelos individuais apropriados para os elementos do circuito.
- Aplicação das técnicas de resolução de circuitos estudadas na disciplina de Circuitos Elétricos 1 para derivar um conjunto de equações lineares algébricas que descrevem o comportamento do circuito.
- Resolução do sistema de equações algébricas para determinação das variáveis de interesse.
- Obtenção da função de transferência a partir das variáveis acima determinadas.
- Cálculo da resposta em regime permanente senoidal a partir da entrada e da função de transferência.
- Montagem do circuito em *protoboard*.
- Medição da saída para diferentes entradas para verificação dos resultados teóricos.

Na primeira parte desta prática iremos realizar os cinco primeiros passos, enquanto na aula seguinte realizaremos os dois últimos passos.

Objetivos

- Exercitar o cálculo da função de transferência de um circuito.
- Aplicar a função de transferência no cálculo da resposta em regime permanente senoidal de um circuito linear.
- Praticar o uso de um *software* de álgebra simbólica para resolver problemas de circuitos.
- Praticar o uso de um osciloscópio para medições da resposta de um circuito no tempo, em particular, a resposta em regime permanente senoidal de um circuito linear.

Equipamentos necessários

Para esta prática, usaremos os seguintes *softwares* e equipamentos:

- jupyter notebook
- Osciloscópio
- Fonte de tensão

Material necessário

- 1 amplificador operacional, ou, de forma mais sucinta, ampop (modelo 741, LM358, LM324, NE5532, ou outro equivalente)
- 2 resistores de $470\ \Omega$
- 1 resistor de $47\ \text{k}\Omega$
- 2 resistores de $470\ \Omega$
- 2 capacitores de $100\ \text{nF}$

Circuito

O circuito a ser analisado e testado é o circuito com ampop, resistores e capacitores apresentado na Figura 1.

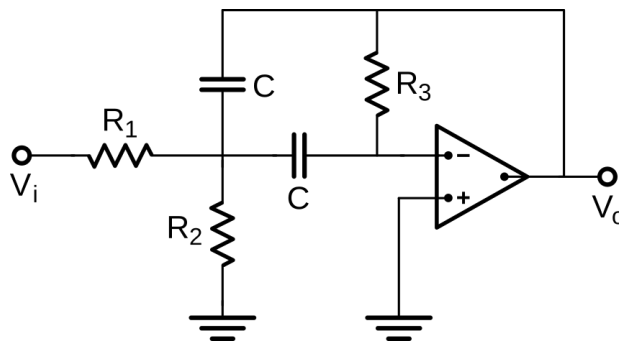


Figura 1: Diagrama elétrico de um circuito eletrônico.

Assumindo que a tensão de entrada $v_i(t)$ é uma onda senoidal, queremos calcular a tensão de saída $v_o(t)$ em *regime permanente senoidal*. Na primeira parte desta prática faremos a análise teórica usando a função de transferência, e na segunda parte, na próxima semana, iremos ao laboratório fazer as medições e comprovar os resultados teóricos obtidos.

Análise teórica

Vocês viram em sala de aula que, para se determinar a resposta em regime permanente senoidal de um circuito linear a uma senóide na entrada, é suficiente considerar a função de transferência. Vocês devem então realizar os seguintes passos:

- **Converta** o circuito acima para a frequência e **determine** as equações que o regem.
- **Determine** a função de transferência $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$.
- **Faça** $s = j\omega$ e **ache** a magnitude, $|H(j\omega)|$, e a fase, $\angle H(j\omega)$, da função de transferência.

Considere agora o circuito onde $C = 100 \text{ nF}$, $R_1 = 470 \Omega$, $R_2 = 470 \Omega$ e $R_3 = 47 \text{ k}\Omega$. Usando a função `subs()` do SymPy, realize os passos a seguir.

- **Calcule** a magnitude, $|H(j\omega)|$, e a fase, $\angle H(j\omega)$, da função de transferência para os seguintes valores de frequência f ($\omega = 2\pi f$): 40 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 480 Hz, 550 Hz, 1100 Hz, 2200 Hz, 5500 Hz e 11 kHz.

Monte uma tabela com os valores que você achar acima e coloque no relatório. Usando o LTSpice, realize os passos a seguir.

- Represente o circuito. Conecte uma fonte de tensão simétrica no ampop e configure-a para ter uma tensão de $\pm 10 \text{ V}$. Configure a entrada $v_i(t)$ do circuito como uma onda senoidal de amplitude de 100 mV. A frequência será dada nos passos a seguir.
- Simule o circuito. Após o transitório, ou seja, em regime permanente, **meça e registre** as amplitudes e a diferença de fase das tensões de entrada e de saída para os seguintes valores de frequência f ($\omega = 2\pi f$): 40 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 480 Hz, 550 Hz, 1100 Hz, 2200 Hz, 5500 Hz e 11 kHz. Salve todas as curvas obtidas.
- **Calcule** a magnitude, $|H(j\omega)|$, e a fase, $\angle H(j\omega)$, da função de transferência de todos os valores de frequência do item anterior.

Monte uma tabela com os valores que você achar acima e coloque no relatório.

Medições em laboratório

Para a segunda parte da prática, montaremos o circuito acima em uma protoboard e faremos as medições do sinal de saída, comparando-o com a entrada para determinar a diferença da magnitude e fase da entrada para a saída.

- Usando o multímetro, **meça e registre** os valores dos resistores e capacitores do circuito.
- Após montar o circuito na protoboard, conecte a fonte de tensão simétrica no ampop e configure-a para ter uma tensão de ± 10 V. Para este passo, **chame o professor para que ele acompanhe o procedimento**.
- Caso esteja tudo certo, desligue a fonte e conecte o gerador de sinal do osciloscópio na entrada $v_i(t)$ do circuito. Configure o gerador para uma onda senoidal de amplitude de 100 mV. A frequência será dada nos passos abaixo.
- Conecte a entrada do circuito no canal 1 e a saída no canal 2 do osciloscópio.
- **Meça e registre** as amplitudes e a diferença de fase das tensões de entrada e de saída para os seguintes valores de frequência f ($\omega = 2\pi f$): 40 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 480 Hz, 550 Hz, 1100 Hz, 2200 Hz, 5500 Hz e 11 kHz. Salve (ou tire fotos) de todas as curvas obtidas. As imagens devem ser de boa qualidade para permitir a leitura dos dados e sua correção. Idealmente, os dados devem ser salvos em um *pendrive* diretamente do osciloscópio.
- **Calcule** a razão entre as amplitudes das tensões de entrada e saída medidas acima para determinar a magnitude de $H(j\omega)$ para as correspondentes frequências. Coloque os valores em uma tabela e compare com os valores teóricos.
- **Plote** os diagramas de Bode de magnitude e fase da função $H(j\omega)$ que você determinou anteriormente e os pontos que você mediu. Considere o notebook do Colab plotBode.ipynb disponibilizado na atividade no Sala de aula.

Escrita do relatório

Para escrever o relatório, siga as instruções contidas no modelo de relatório disponível no Google sala de aula no arquivo `relatorio_Circuitos_Eletricos_2.pdf`. O link para o projeto do modelo de relatório no Overleaf é:

<https://www.overleaf.com/read/zghrpjzhqypp?authuser=0>

Se desejar, considere o exemplo de relatório disponível no Google sala de aula no arquivo `exemplo_relatorio_Circuitos_Eletricos_2.pdf`.

O relatório deve estar no formato pdf. Não envie no formato doc ou outro qualquer. Qualquer imagem ou foto deve ter uma resolução suficiente para ser possível obter as informações importantes da imagem.

Envie o relatório em pdf pelo Google Sala de Aula para o professor.

Simuladores

Você pode conferir os resultados que você obteve neste laboratório com um simulador computacional. Alguns simuladores que podem ser usados são:

- LTSpice IV: <http://www.linear.com/designtools/software/>
- Ngspice: <http://ngspice.sourceforge.net/download.html>
- EasyEDA: <http://easyeda.com/>
- Simulador on-line: <https://www.circuitlab.com/>

Referências

- Manual do osciloscópio Keysight InfiniiVision.
Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/cmvdgjmbbwzqls1/manual>
Acesso em: 29 de janeiro de 2023.