

**Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB)**  
**Departamento de Engenharia Elétrica (ENE)**

**LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA (ENE0046)**

**RELATÓRIO nº 2**

**Prática com o simulador de circuitos LTspice: Parte 2**

<b>Número</b>	<b>Nome completo</b>
18/0105442	Lucas Rabelo Andrade
18/0108140	Pedro Henrique Dornelas Almeida

Prof. Adson Ferreira da Rocha  
Prof. Alexandre Ricardo Soares Romariz  
Prof. Daniel Orquiza de Carvalho

Turma D

Brasília, 06 de agosto de 2021.

## Prática com o simulador de circuitos LTspice

### 1.Objetivos:

Este experimento tem um caráter introdutório com o intuito de proporcionar a ambientação com o ambiente do simulador de circuitos LTspice, com foco nas análises AC, análise de varredura DC e na análise da função de transferência. A partir da ambientação com este software será possível realizar experimentos mais complexos ao longo do semestre.

### 2.Fundamentação teórica:

Este experimento não necessita de uma fundamentação teórica pois apenas visa a utilização do software para gerar circuitos simples e aprender sua utilização básica.

### 3.Procedimentos:

#### Análise AC

Os valores dos parâmetros ABCDEFGHI, foram usados da seguinte maneira:  
A = 1 ; B = 8 ; C = 0 ; D = 1 ; E = 0 ; F = 5 ; G = 4 ; H = 4 ; I = 2 ;

Desta forma, os valores de cada elemento do circuito serão os seguintes:

- R1 = 42k Ohm;
- AC = 1V;
- Freq. Corte: 54kHz;

A partir destes parâmetros pode-se calcular a capacitância, utilizando a seguinte fórmula:  $c = \frac{1}{2\pi RC}$ . Assim, o valor obtido para a capacitância 0,07nf. O circuito pode ser visto na figura 1

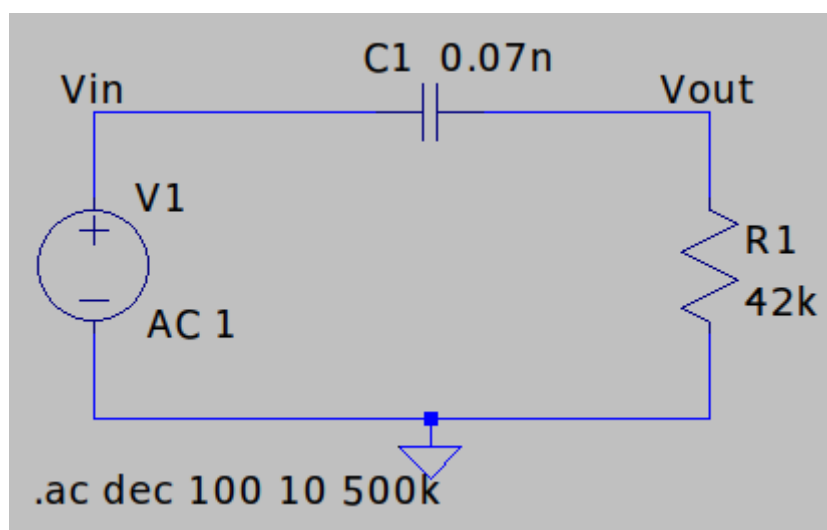
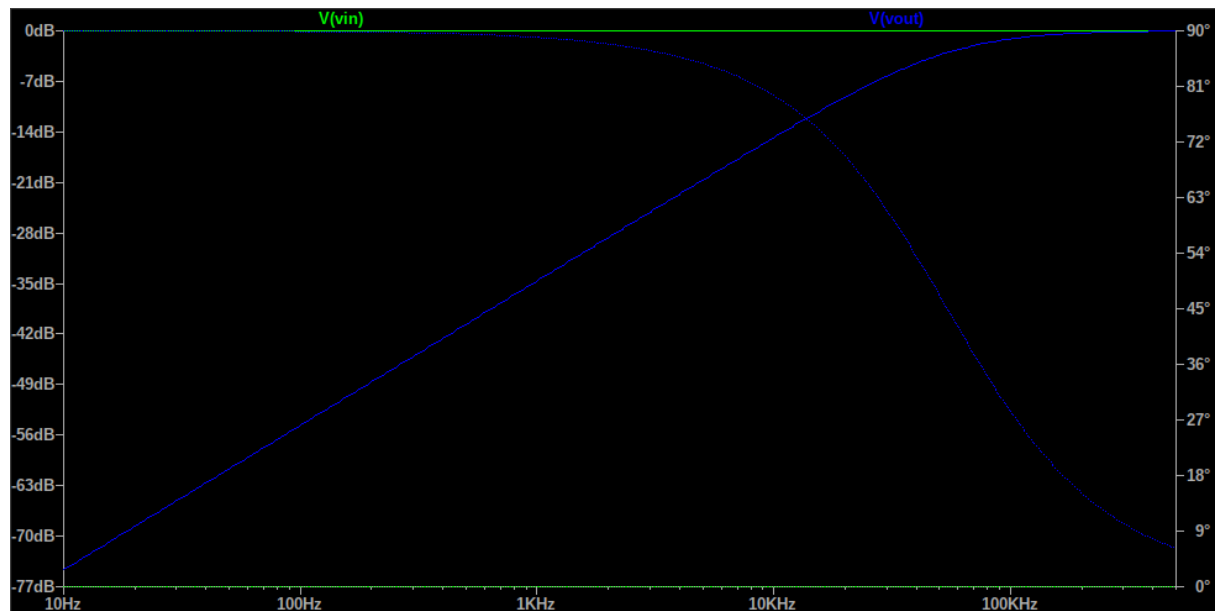


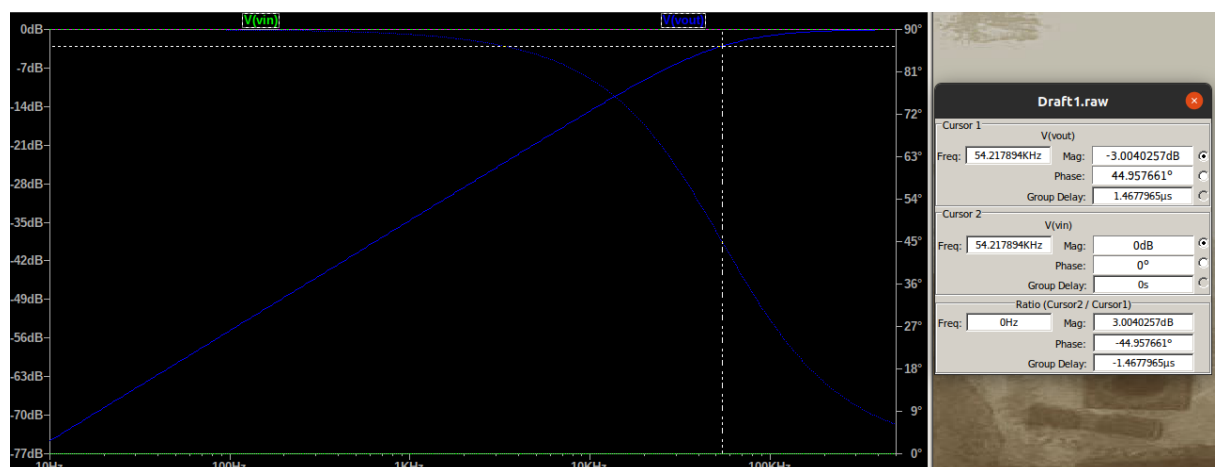
Figura 1 - Circuito AC

Após implementar o circuito acima e fazer uma análise AC foi possível obter o seguinte resultado, que é condizente com o esperado. Para frequências pequenas a potência é extremamente baixa, mas à medida em que se aumenta a frequência a potência também aumenta:



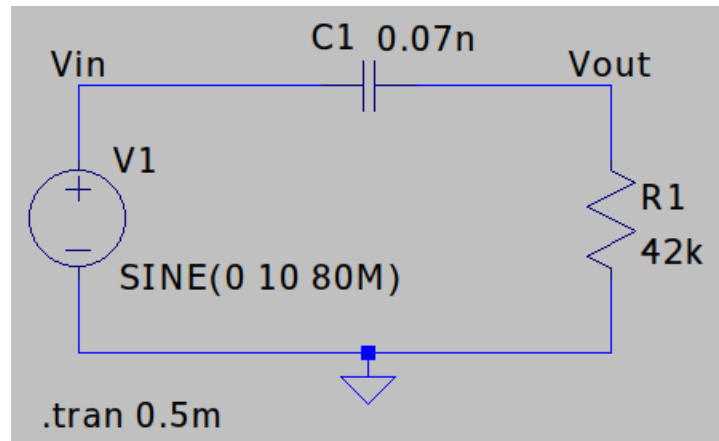
*Figura 2 - Análise AC*

Agora, na frequência de corte (onde a potência chega a -3dB), é possível descobrir a razão entre a potência de saída e a potência de entrada. Como o gráfico está em uma escala logarítmica, não seria certo fazer uma divisão, mas sim uma subtração entre a potência de saída e a potência de entrada. É sabido também que a potência de entrada representa uma constante, com potência em 0dB, e portanto, a razão entre as potências é de -3dB. O ponto da frequência de corte foi demarcado no gráfico:



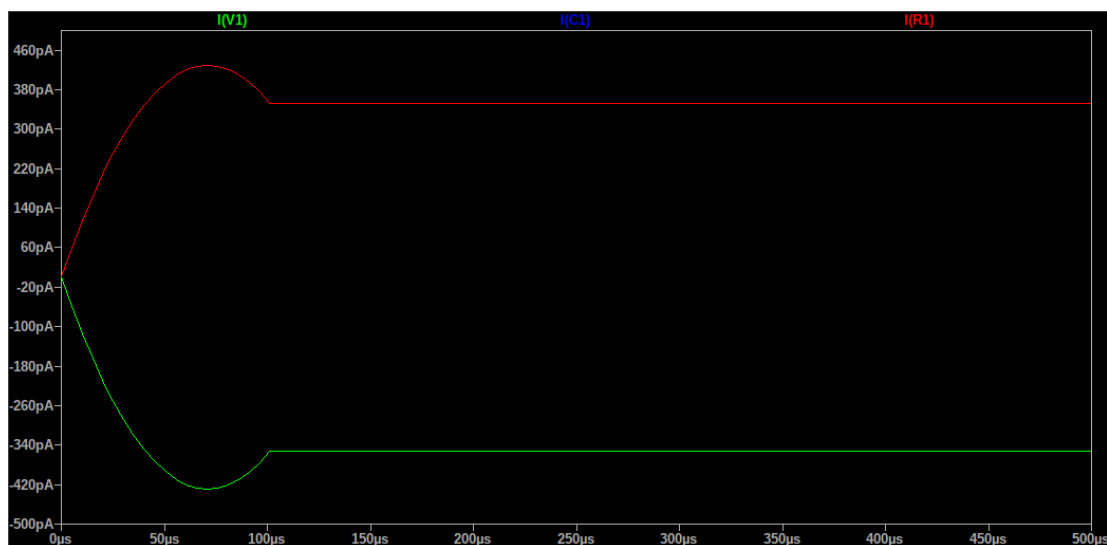
*Figura 3 - Ponto para obter potência*

Agora, utilizando o mesmo circuito, mas com alteração da fonte anterior para uma fonte de tensão senoidal, será realizada uma análise de transiente do circuito. O circuito pode ser visto a seguir:



*Figura 4 - Circuito para análise de corrente*

A fonte de tensão senoidal tem como parâmetros 10V de amplitude e 80MHz de frequência. Assim, ao realizar uma análise de transiente até 0,5ms, o gráfico gerado tem a seguinte forma:



*Figura 5 - Análise Transiente - Corrente*

Analisando o valor da corrente utilizando a derivada, pode-se ver que o valor obtido para a corrente foi o mesmo do obtido no outro método. O gráfico gerado a partir da fórmula  $I = C \cdot dv/dt$  pode ser observado abaixo:

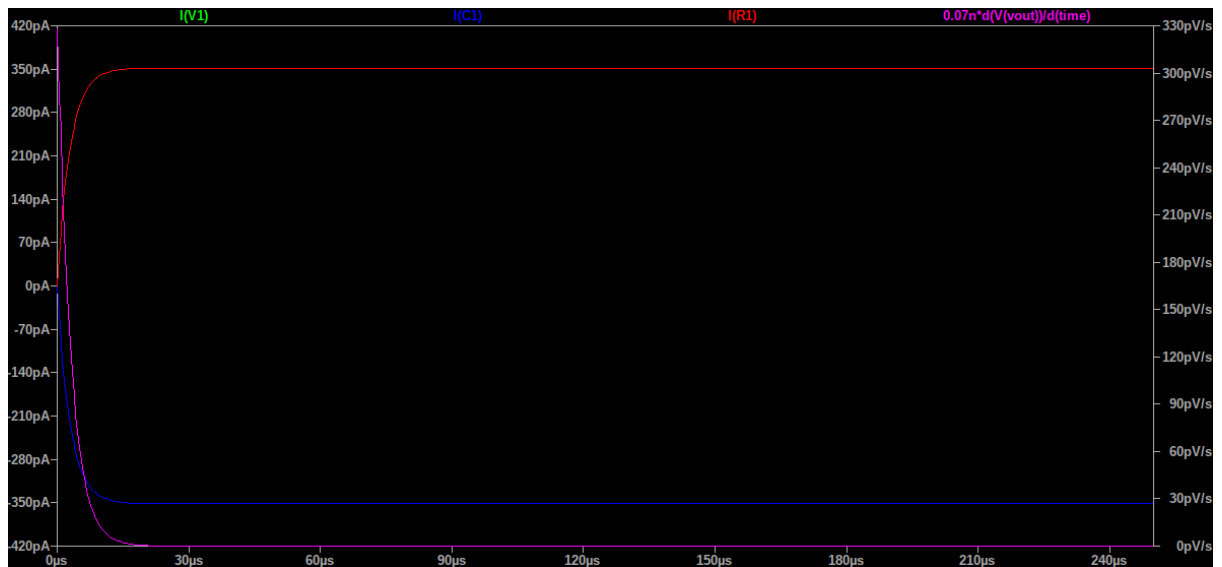


Figura 6 - Gráfico utilizando a fórmula

### Análise de varredura DC

Para esta atividade será utilizado o mesmo circuito usado para fazer o relatório 1. O circuito poderá ser lembrado na figura 7.

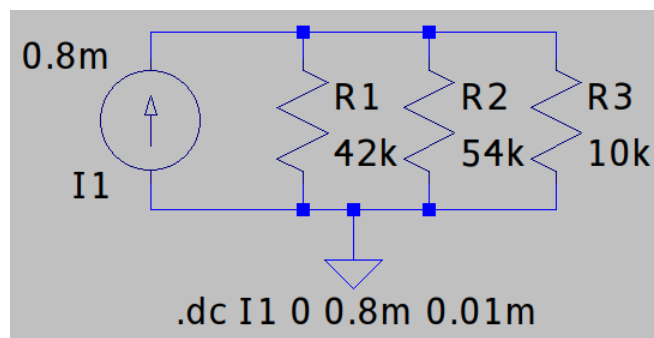


Figura 7 -Circuito para varredura DC

A diferença do procedimento atual para o procedimento adotado na atividade passada, é que agora a fonte de corrente não será constante. Ela variará de 0A até 1A, em passos de 0,01mA.

Feito isso, realizando a varredura DC, pode-se gerar um gráfico em que no eixo y é observada a corrente fluindo por R1, e no eixo x é observada a corrente partindo da fonte. No gráfico gerado, a curva verde representa a corrente partindo da fonte e a curva azul representa a corrente fluindo por R1. Como esperado, a corrente fluindo por R1 é menor que a fluindo na fonte, de forma proporcional ao valor da resistência.

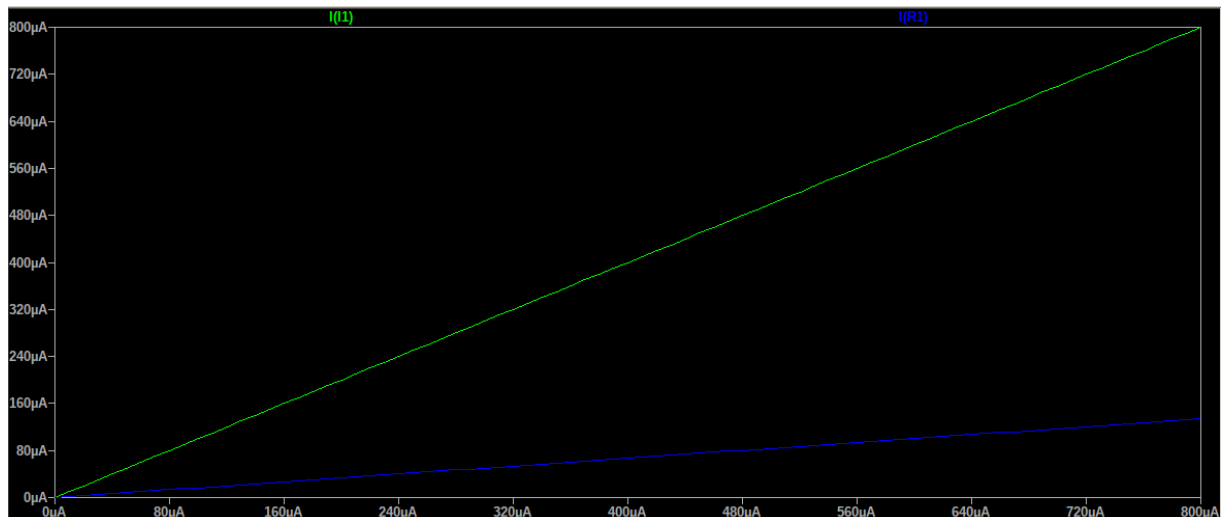


Figura 8 - Gráfico da varredura DC

### Análise de função de transferência

Nesta parte da atividade será realizada a análise de função de transferência para o mesmo circuito utilizado para a parte 1 desta atividade, mas com uma análise focada no resistor R1. O circuito pode ser visto na figura 9:

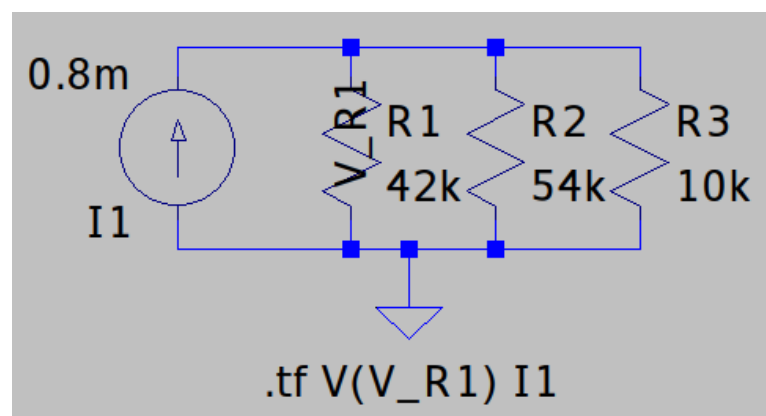


Figura 9 - Circuito para DC Transfer

Assim, realizando a análise, os valores obtidos para o ganho e impedâncias de entrada e saída estão demonstrados na figura 10:

```

|      --- Transfer Function ---
|
Transfer_function:      7026.02      transfer
il#Input_impedance:    7026.02      impedance
output_impedance_at_V(v_r1): 7026.02      impedance
  
```

Figura 10 - Análise DC Transfer

É possível realizar os cálculos para comprovar que os valores obtidos pelo LTSpice estão corretos. Para isto, devem ser utilizadas as seguintes fórmulas:

Função de transferência =  $V/I_1$

Assim, como se trata de um circuito com resistores em paralelo, a tensão é a mesma em todos os resistores e pode ser encontrada com a fórmula:

$$\frac{I_1 R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$

Assim:

$$\text{Função de transferência} = \frac{I_1 R_1 R_2 R_3}{I_1 (R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2)} = 7026,02$$

Para calcular a impedância de entrada e de saída:

$$1/\text{impedância de entrada} = 1/\text{impedância de saída} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{impedância de entrada} = \text{impedância de saída} = 7026,02 = \text{Função de transferência}$$

### Importando um modelo de componente externo ao LTSPICE

A letra G da matrícula escolhida corresponde ao número 4, e por isso, o modelo de amplificador a ser importado será o LM741. para importar o amplificador operacional foi utilizado o comando “include” onde foi inserido o caminho para o modelo do amplificador.

O datasheet do amplificador operacional mostra que ele tem como tensão máxima 22V, e por isso, para a atividade foram utilizadas alimentações com a metade deste valor, ou seja, 11V.

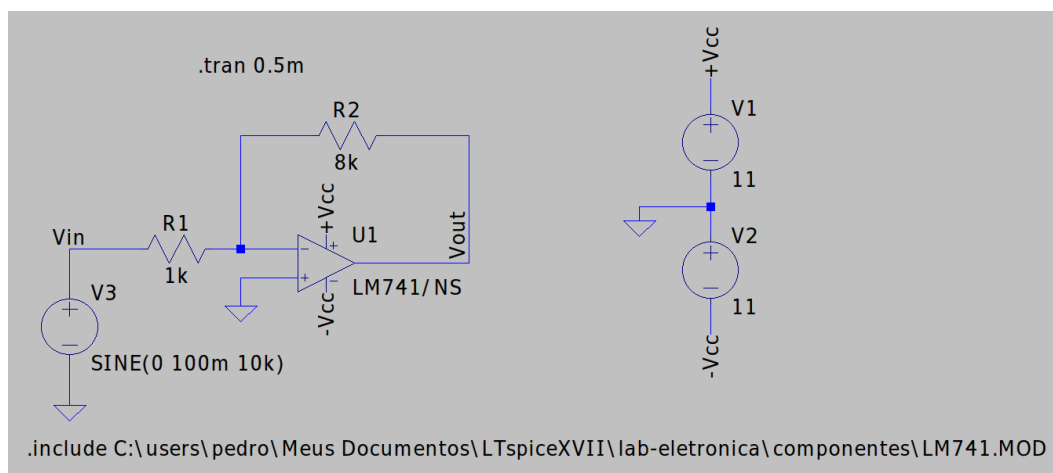
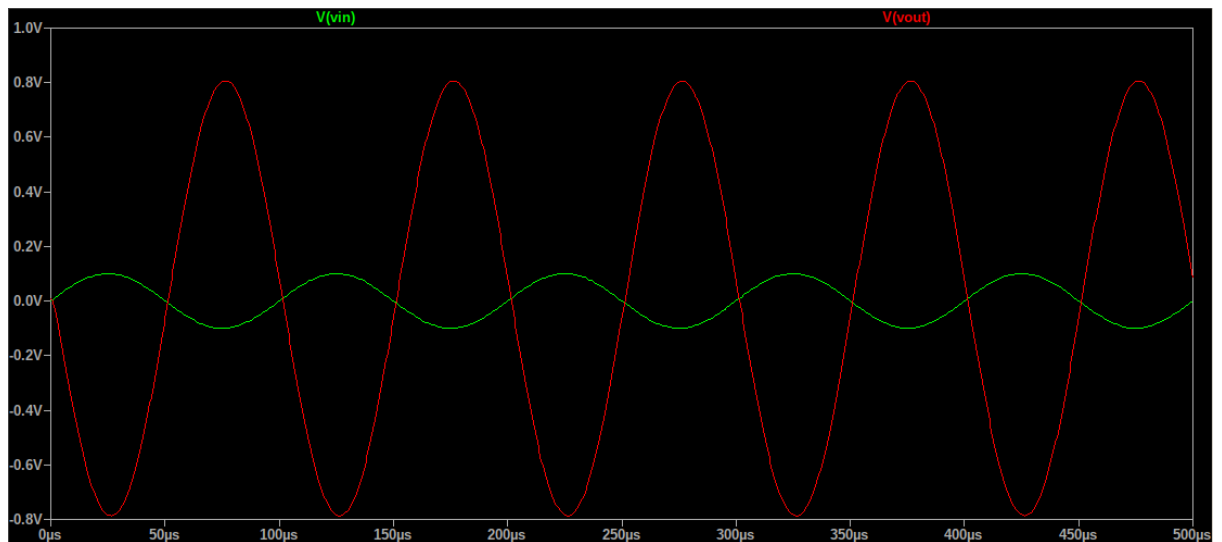


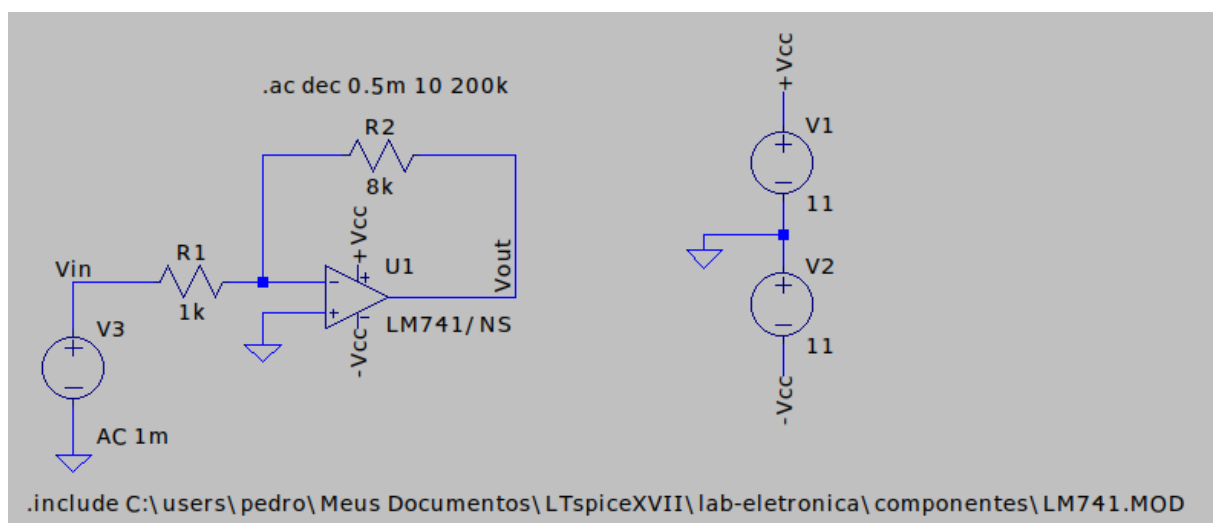
Figura 11 - Circuito e configurações usada para importar AmpOP

Os resistores foram escolhidos desta forma para que o ganho seja de 8 vezes, de acordo com o valor da letra B na nossa matrícula. Foi utilizada uma fonte senoidal com tensão de 100mV e 10kHz de frequência, e por isso, a tensão de saída deverá ser de 800m, o que acontece, conforme visto na imagem a seguir:



*Figura 12 - Análise Transiente com AmpOP*

Em seguida, a fonte de tensão foi alterada para que fosse realizada uma análise AC do circuito. A tensão utilizada foi de 1mV para evitar a saturação do circuito. Assim, a análise AC foi feita e seu resultado pode ser visto na figura 14. Na figura 13 pode ser visto o esquemático do circuito



*Figura 13 - Circuito para análise AC com AmpOP*



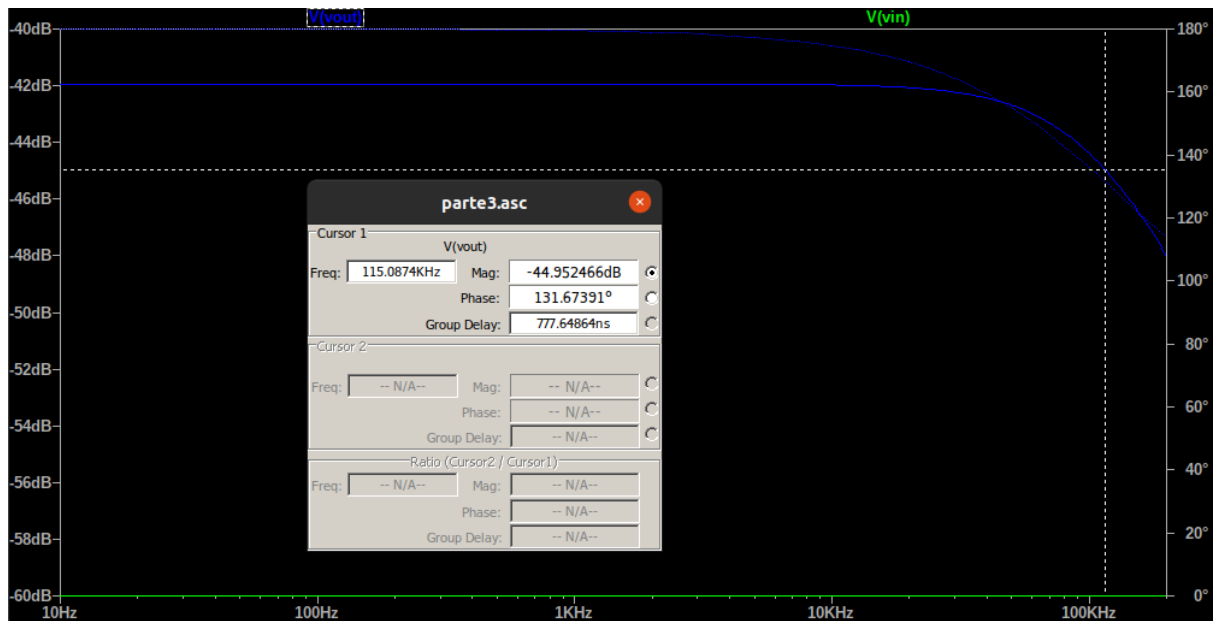


Figura 14 - Tensões na entrada e saída com o ponto de queda em 3db

Como pode ser visto, o decaimento do ganho atinge 3dB (metade), quando a frequência chega a aproximadamente 115,08kHz.

Como última parte do experimento, será calculada a função de transferência para o circuito. Para isso, a fonte AC deve ser substituída por uma fonte DC. Em um amplificador operacional, a função de transferência é dada pelo ganho do amplificador, como pode ser visto na figura a seguir. A próxima parte a ser calculada é a impedância, tanto de entrada quanto de saída. Como esperado, a impedância de entrada é o valor da própria resistência de R1, enquanto que a impedância de saída deve tender a zero para que não haja interferências no ganho.

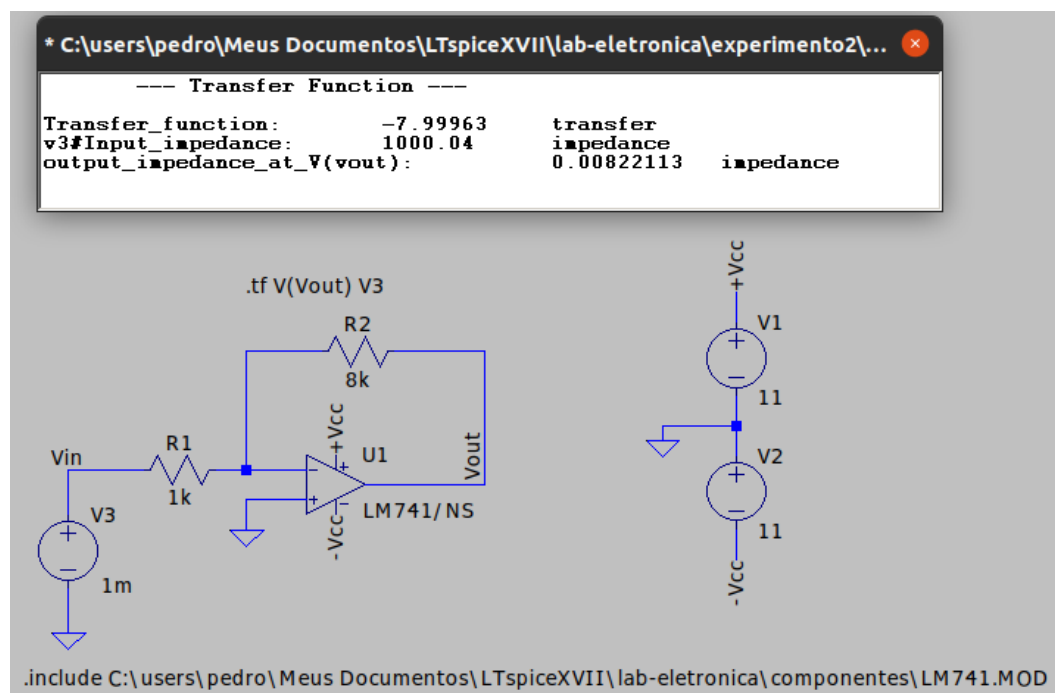


Figura 15 - Circuito e Análise da função de transferência ou ganho

#### **4. Conclusão**

Assim como na atividade anterior, esta atividade nos proporcionou mais conhecimento em relação ao manuseio e configuração do software a ser utilizado ao longo de todo o semestre. Além disso, fica clara a qualidade que o software oferece, pois implementa diversas funções que não estão presentes em ferramentas tradicionais para análises de circuitos, como o osciloscópio. Além disso, o software demonstrou grande versatilidade na simulação de circuitos reais, pois além de fornecer diversos componentes, possibilita a importação de componentes não ofertados por ele.