



Eletrônica Analógica Avançada

Disciplina: Eletrônica Analógica Avançada

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 1

Unidade: Unidade 1– Amplificador

Aula: Aula 2 – Amplificador Emissor Comum

Software

Software

Livre

Infraestrutura

Computador;

Software LTspice instalado;

Descrição do software

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

Atividade Prática

Introdução

Neste roteiro vamos por em prática o que aprendemos sobre o amplificador emissor comum, simulando um circuito que é muito utilizado como amplificador na eletrônica analógica. Vamos confrontar os resultados obtidos pela simulação computacional com os aprendidos na teoria. O objetivo é comprovar que os resultados advindos da teoria serão idênticos aos obtidos computacionalmente.

Atividade proposta

Simular o amplificador emissor comum.

Objetivos

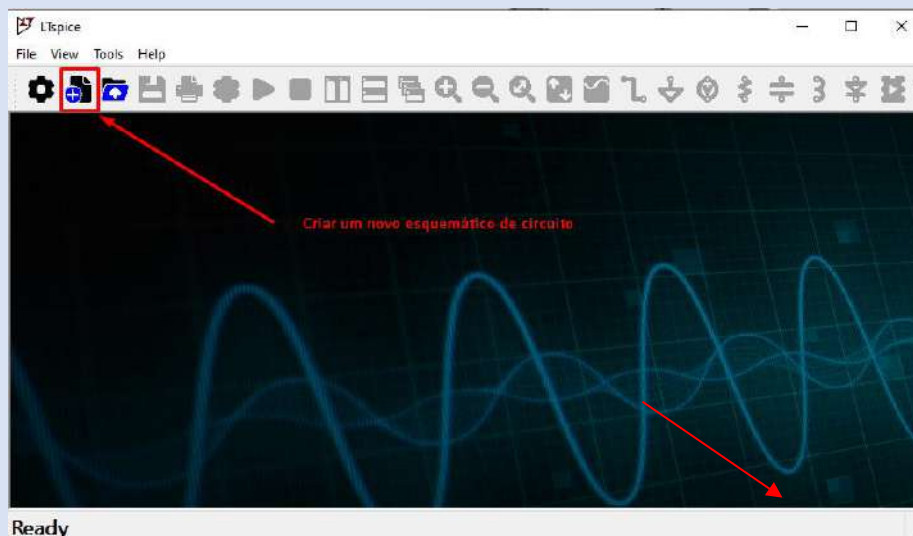
Compreender o funcionamento de um amplificador emissor comum;

Desenvolver e simular um amplificador emissor comum;
Analisar os resultados obtidos de forma analítica e computacional.

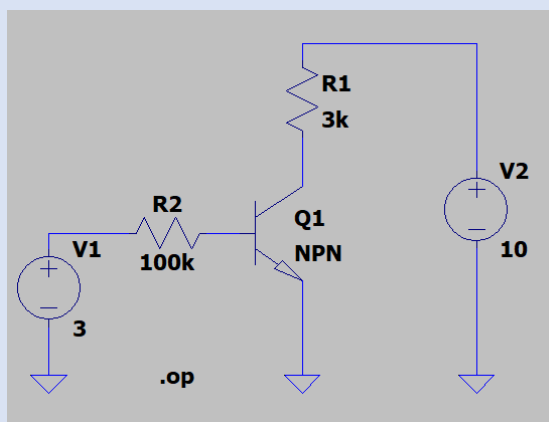
Procedimentos para a realização da atividade

Caro aluno, para a realização dessa aula prática você precisa instalar e abrir o LTspice. Com o software instalado, siga os seguintes procedimentos:

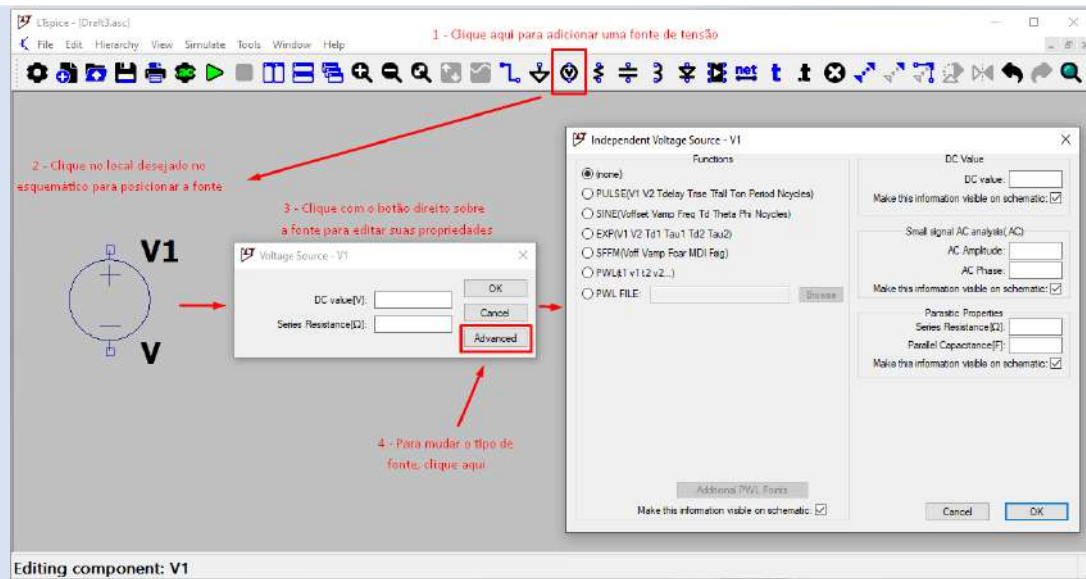
1. Ao abrir o software, você irá se deparar com sua tela inicial, apresentada a seguir. Para criar um novo esquemático de circuito clique no local indicado.



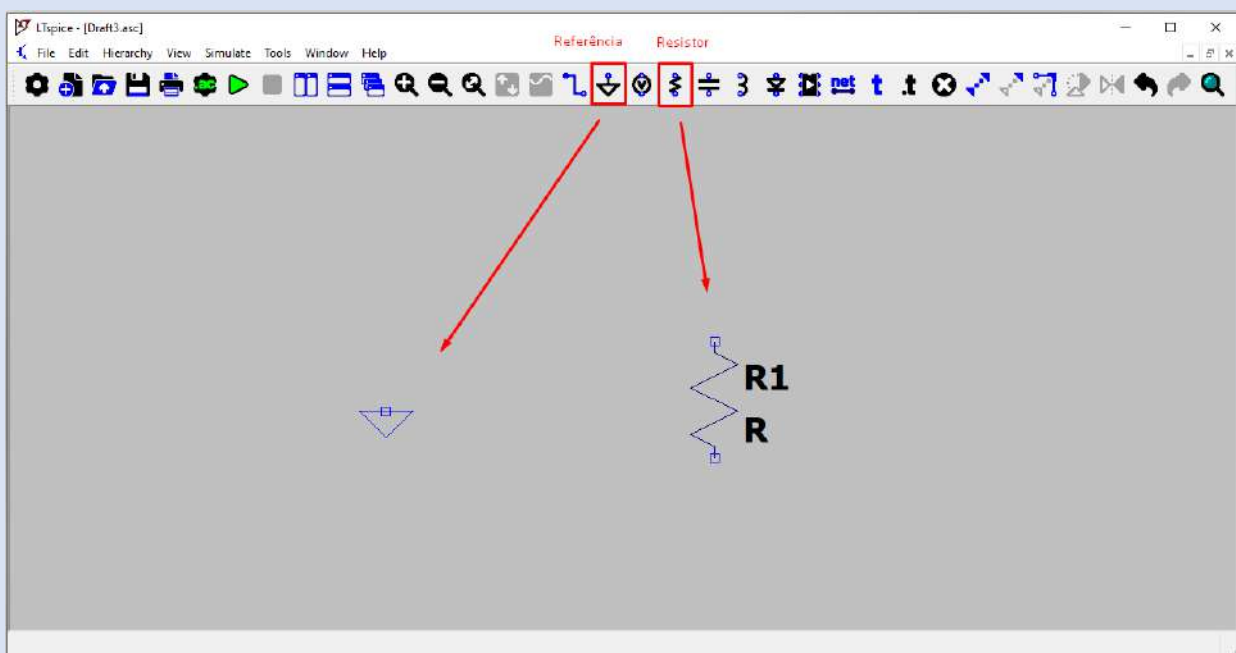
2. Você deve montar o circuito apresentado a seguir e realizar a sua simulação. Os próximos passos indicam como você pode montar o circuito no simulador e realizar a simulação.



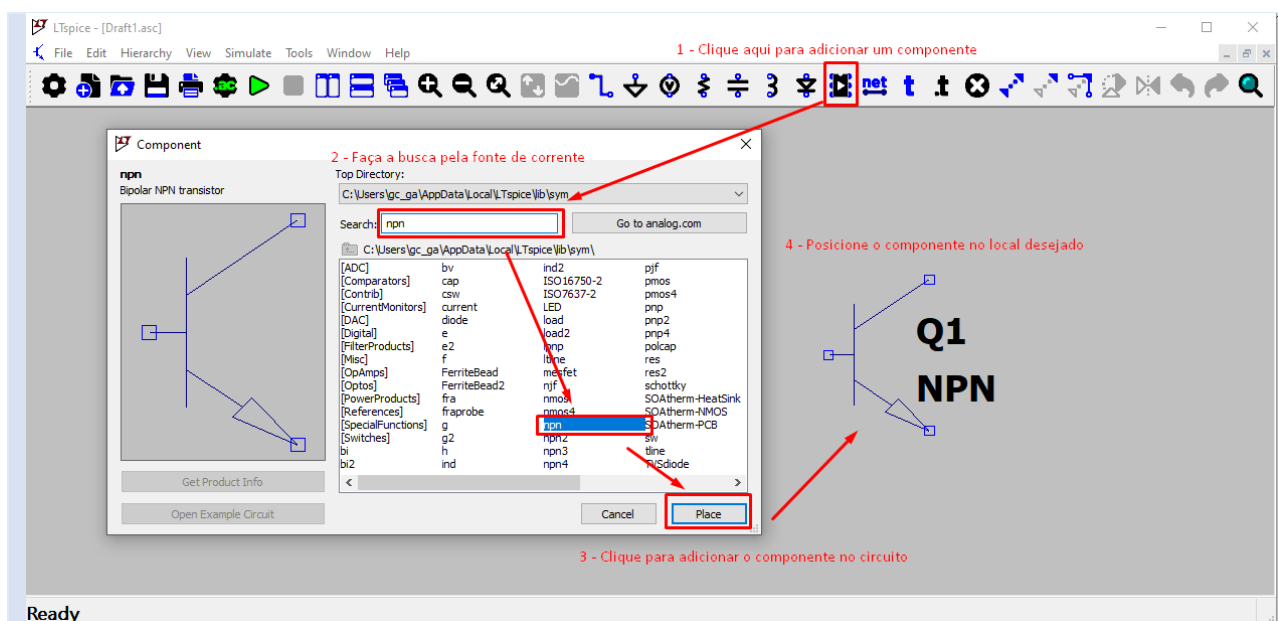
3. A fonte de tensão está posicionada no local indicado a seguir. Configure o valor "DC value[V]" com o necessário para o experimento.



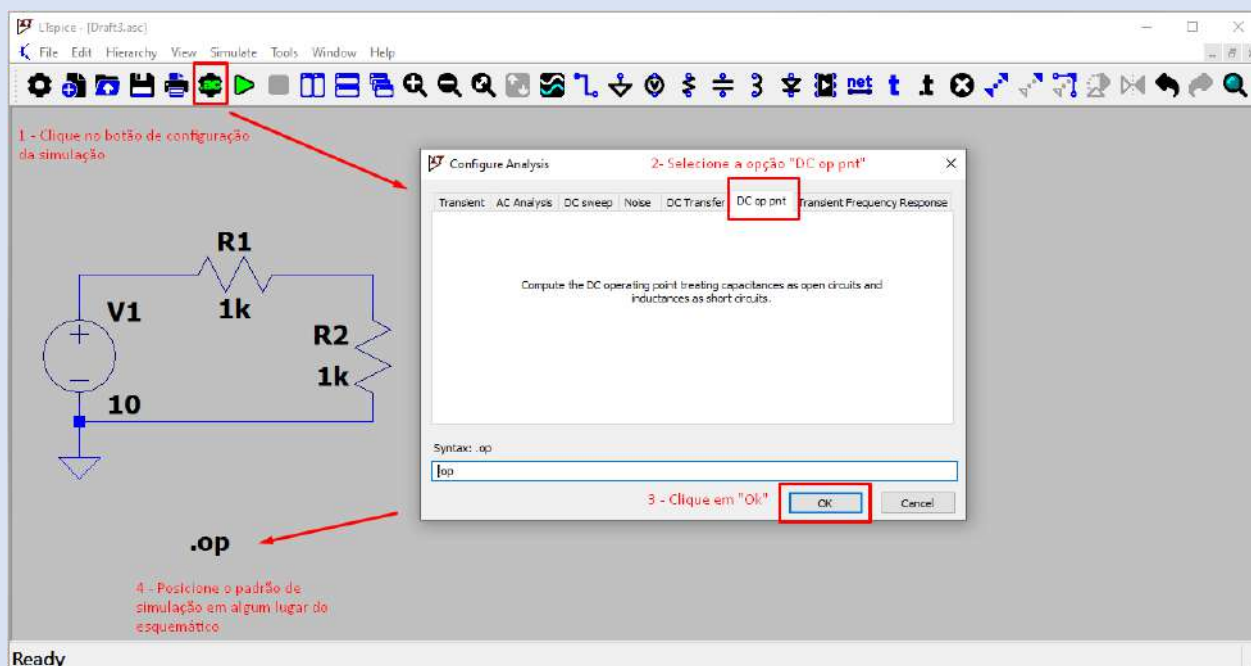
4. O resistor e a referência estão nos locais indicados a seguir. Para configurar o valor do resistor, clique sobre ele com o botão direito.



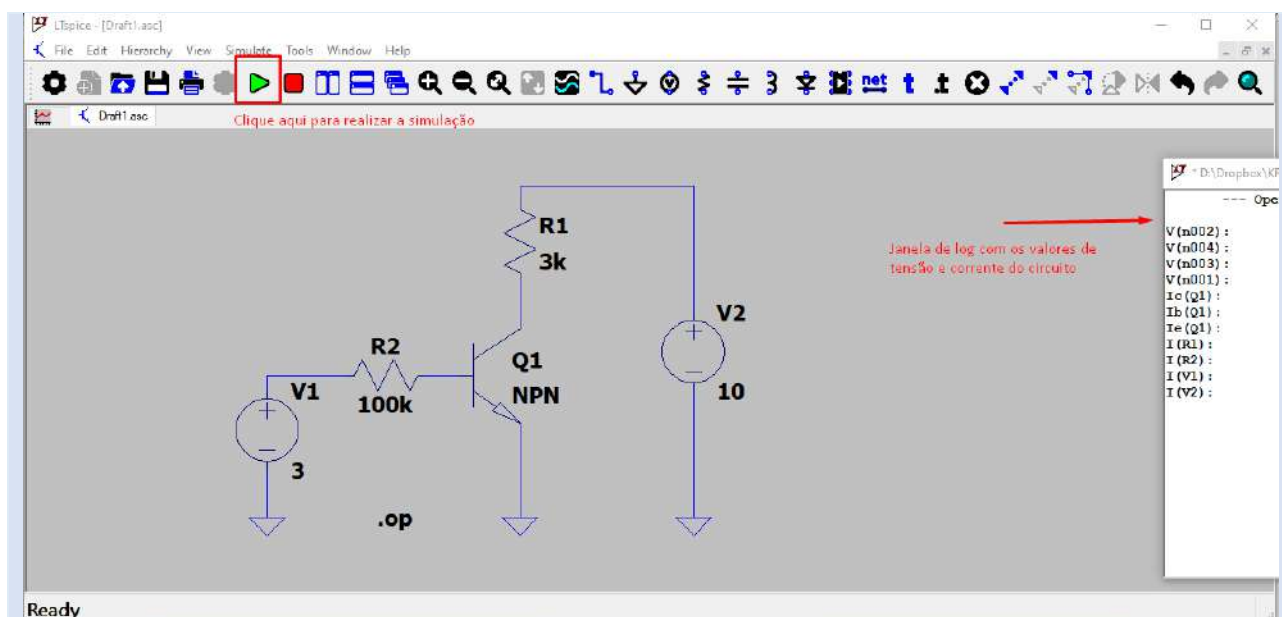
5. O transistor está localizado na área de adição de componentes, como segue.



6. Caso seja necessário remover algum componente, aperte a tecla 'del' do teclado e clique sobre o componente que deseja remover. Para mover um componente, utilize a tecla 'M' e clique sobre o componente desejado. Para cancelar uma seleção ou a adição de algum componente, aperte a tecla 'esc'. A ligação dos componentes é feita com o fio (wire), selecionado ao se clicar 'w' ou pelo atalho na barra de ferramentas. Para rotacionar um componente quando ele é adicionado, aperte 'Ctrl+R'.
7. Após a montagem, é necessário se configurar a simulação para o ponto de operação CC. A figura ilustra como fazer isso em um circuito qualquer.



8. Para realizar a simulação clique no botão indicado a seguir. O resultado irá aparecer em um log com todos os valores de tensão e corrente dos circuitos ou você pode acessá-los posicionando o mouse sobre os componentes após fechar a janela de log.



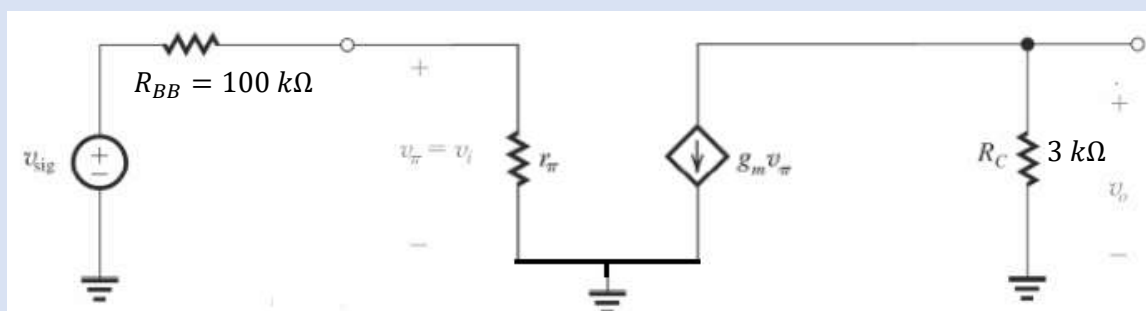
9. Com os valores das correntes de coletor e emissor empregue as expressões abaixo para calcular os parâmetros do modelo de pequenos sinais do TBJ. (Esse amplificador tem $V_T = 25 \text{ mV}$ e $\beta = 100$)

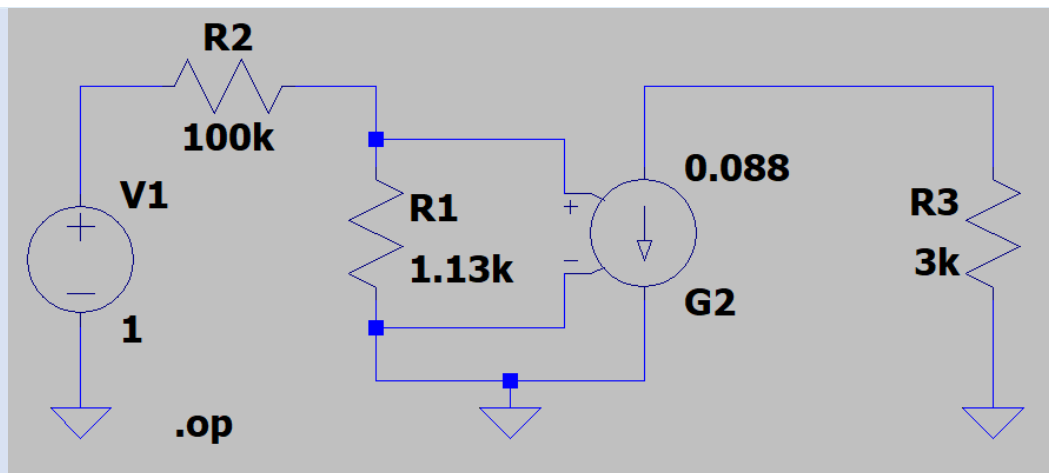
$$r_e = \frac{V_T}{I_E}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

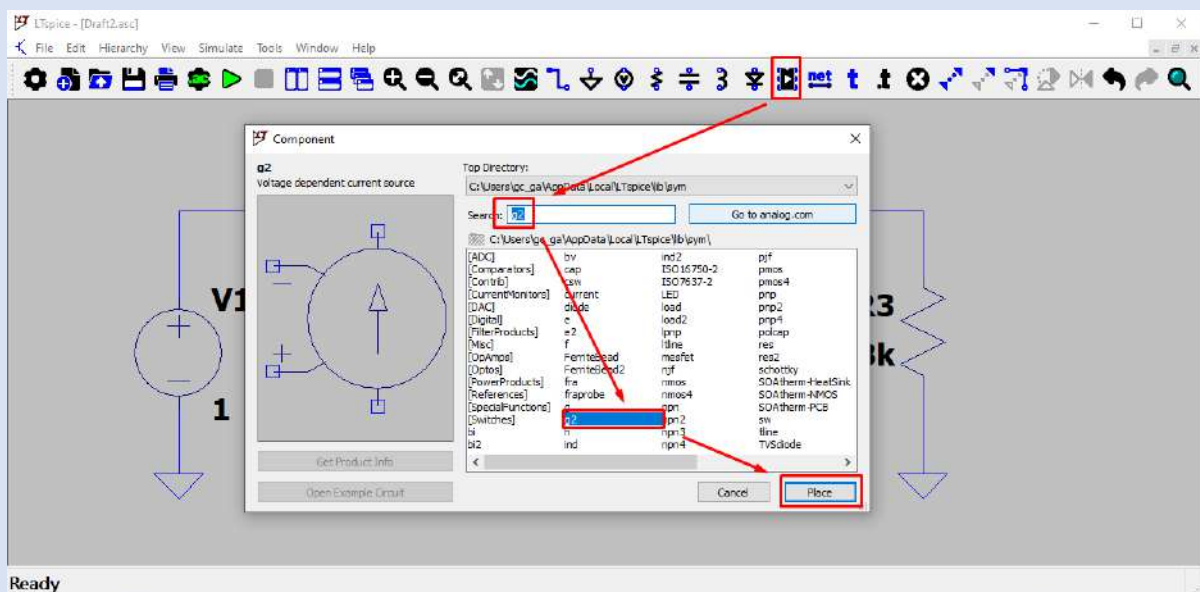
$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

10. Calculado os parâmetros agora monte o modelo de pequenos sinais, como mostra a ilustração e a simulação.

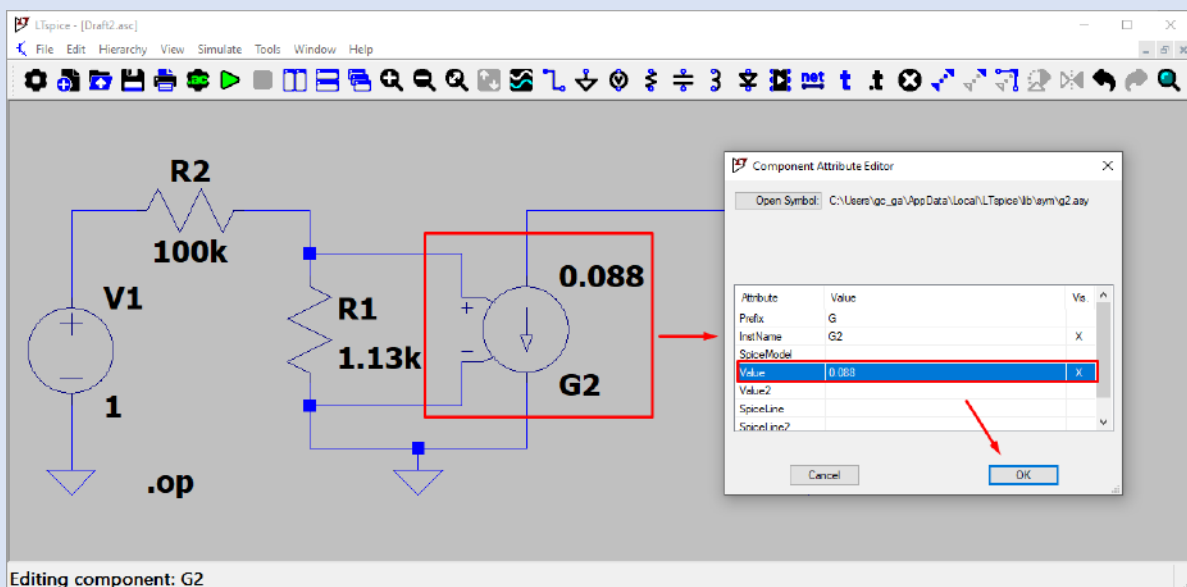




11. A fonte de corrente controlada por tensão (G2) do circuito, pode ser adicionada ao se selecionar o componente 'g2', como segue.



Para configurar o valor da transcondutância, clique com o botão direito do mouse sobre o componente e ajuste o parâmetro 'Value' com o valor desejado:



12. Realize a simulação do circuito e colete o valor da tensão de saída do circuito (tensão

sobre o resistor R3 (3kOhms).

13. Calcule o ganho de tensão através da simulação, como sendo:

$$A_v = \frac{v_0}{v_i}$$

Considere que a entrada seja uma fonte CC de 1 V.

14. Calcule o ganho de tensão teórico, empregando a seguinte expressão:

$$A_v = -g_m \cdot R_C \cdot \left(\frac{r_\pi}{r_\pi + R_{BB}} \right)$$

15. Compare os valores teóricos com os obtidos na simulação. |

Checklist

1. Acessar o tutorial de instalação e uso do LTspice;
2. Criar um novo circuito no LTspice;
3. Selecionar os elementos necessários ao circuito simulado;
4. Realizar a análise CC;
5. Calcular os parâmetros do modelo de pequenos sinais do TBJ;
6. Realizar a simulação do modelo de pequenos sinais;
7. Coletar a tensão da saída no circuito do modelo de pequenos sinais;
8. Comparar a resolução do ganho de tensão analítico com a simulação. |

Estudante, você deverá entregar:

|Entregar um relatório em PDF com o amplificador emissor comum simulado, tanto análise CC quanto CA, o cálculo analítico do ganho de tensão e a comparação entre os resultados obtidos. |

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 2

Unidade: Unidade 2 –Realimentação, Circuitos Osciladores e Temporizadores

Aula: Aula 6 – Circuitos Osciladores

Software

Software

Livre

Infraestrutura

Computador;

Software LTspice instalado;

Descrição do software

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

Atividade Prática

Introdução

Neste roteiro vamos colocar em prática o que aprendemos sobre aplicações de osciladores, simulando o circuito equivalente de um cristal piezoelétrico, muito utilizado como oscilador. Vamos confrontar os resultados obtidos pela simulação computacional com os aprendidos na teoria. O objetivo é comprovar que os resultados advindos da teoria serão idênticos aos obtidos computacionalmente.

Atividade proposta

Simular o circuito equivalente de um cristal piezoelétrico.

Objetivos

Compreender o circuito equivalente de um cristal piezoelétrico e o conceito de ressonância;

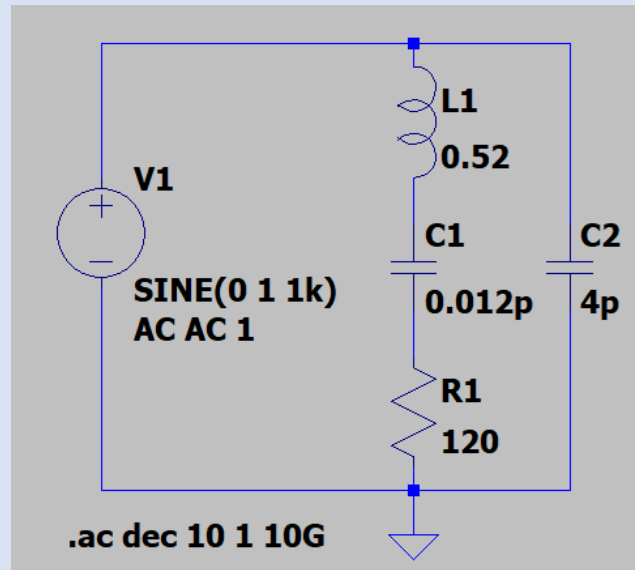
Desenvolver e simular um cristal piezoelétrico;

Analisar os resultados obtidos de forma analítica e computacional.

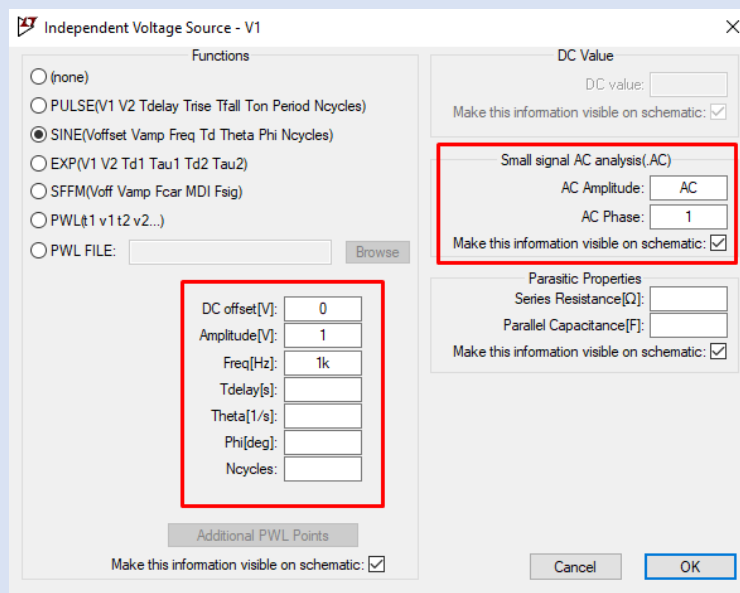
Procedimentos para a realização da atividade

Caro aluno, para a realização dessa aula prática você precisa ter instalado, abrir e criar um novo esquemático no LTspice. Feito isso, siga os seguintes procedimentos:

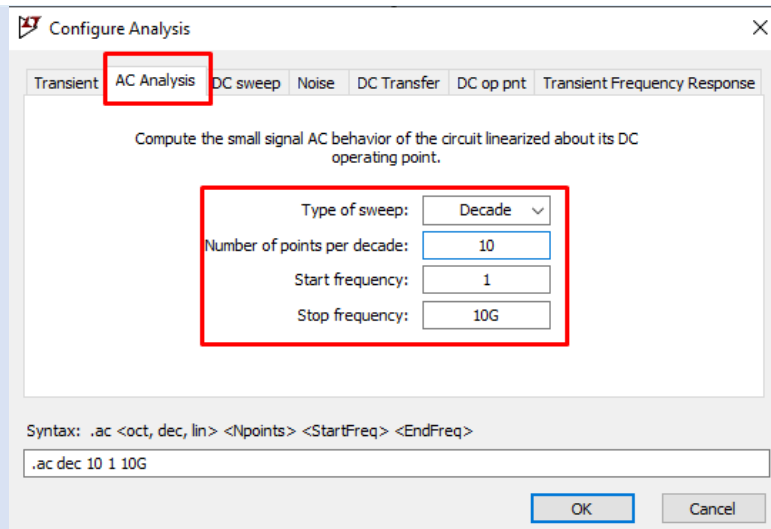
1. Monte o circuito a seguir no simulador.



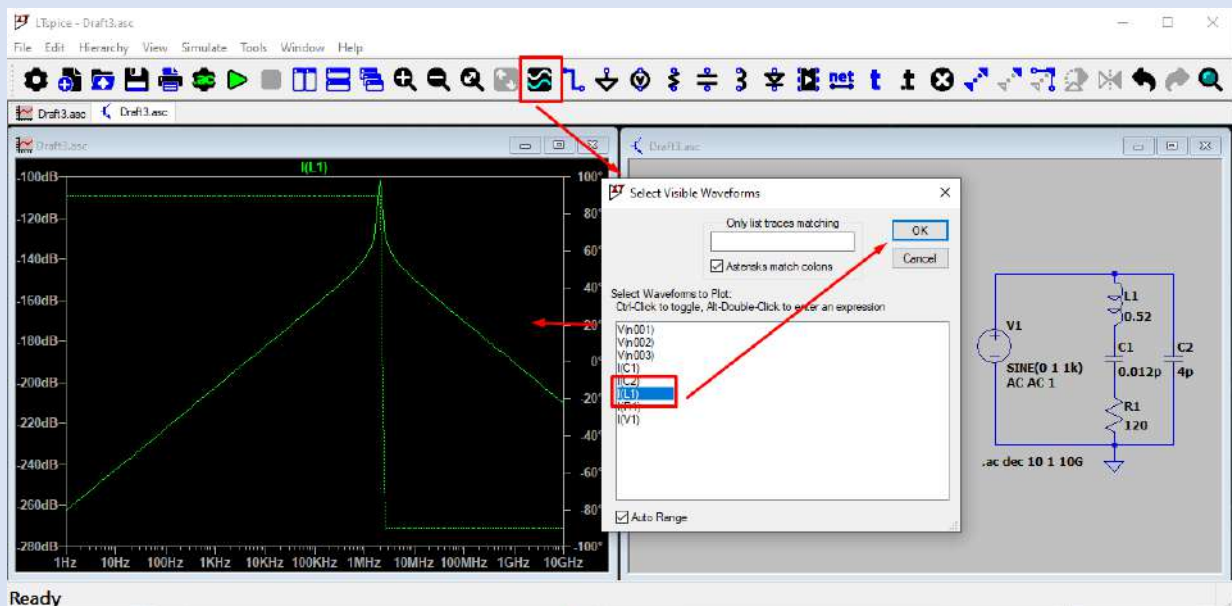
2. Para a fonte de tensão, nas configurações avançadas, selecione a opção “SINE” e realize a seguinte configuração.



3. O capacitor pode ser adicionado no circuito utilizando a tecla de atalho ‘C’ e o indutor com a tecla ‘L’. Não se esqueça de adicionar a referência de simulação ao circuito.
4. Nas configurações de simulação, selecione a opção ‘AC Analysis’ e ajuste os parâmetros conforme indicado na figura a seguir.



5. Execute a simulação (Run) e adicione a curva de corrente sobre o indutor para avaliar a resposta em frequência do elemento piezoelétrico.



6. No gráfico obtido, fique atento ao ponto de corrente máxima, pois ali ocorre a frequência de ressonância do cristal piezoelétrico. Para adicionar um cursor ao gráfico, clique com o botão direito do mouse sobre o gráfico e selecione a opção 'Place Cursor on Active Trace'.
7. Calcule a frequência de ressonância do cristal piezoelétrico analiticamente.
8. Compare a simulação com o resultado obtido analiticamente.

Checklist

1. Acessar o tutorial de instalação e uso do LTspice;
2. Criar um novo circuito no LTspice;

3. Selecionar os elementos necessários ao circuito simulado;
4. Realizar a devida ligação entre os elementos, sem esquecer das referências de terra;
5. Coletar a corrente no indutor;
6. Comparar a resolução analítica com a simulação.

Estudante, você deverá entregar:

Entregar um relatório em PDF com o circuito equivalente do cristal piezoelétrico simulado, o cálculo analítico da frequência de ressonância e a comparação entre os resultados obtidos.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 3

Unidade: Unidade 2 –Realimentação, Circuitos Osciladores e Temporizadores

Aula: Aula 8 – Multivibrador 555

Software

Acesso on-line

Livre

Infraestrutura

Computador, tablet ou celular;

Acesso ao simulador online TinkerCad;

Descrição do software

TinkerCad – Online é um Laboratório Virtual de simulação de circuitos elétricos, sejam eles analógicos ou digitais. Replica a aula prática com alto grau de fidelidade ao laboratório físico tradicional.

Atividade Prática

Introdução

Neste roteiro vamos por em prática o que aprendemos sobre o Multivibrador 555, simulando o multivibrador astável, muito utilizado como gerador de funções. Vamos confrontar os resultados obtidos pela simulação computacional com os aprendidos na teoria. O objetivo é comprovar que os resultados advindos da teoria serão idênticos aos obtidos computacionalmente.

Atividade proposta

Simular o circuito equivalente de um multivibrador astável usando o CI 555.

Objetivos

Compreender o circuito equivalente de um multivibrador astável;

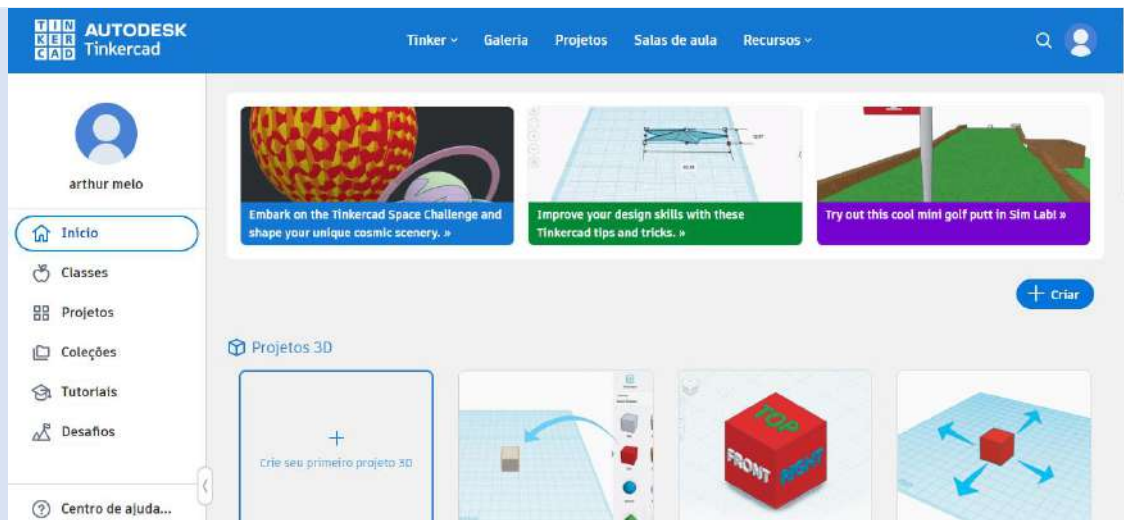
Desenvolver e simular um multivibrador astável;

Analisar os resultados obtidos de forma analítica e computacional.

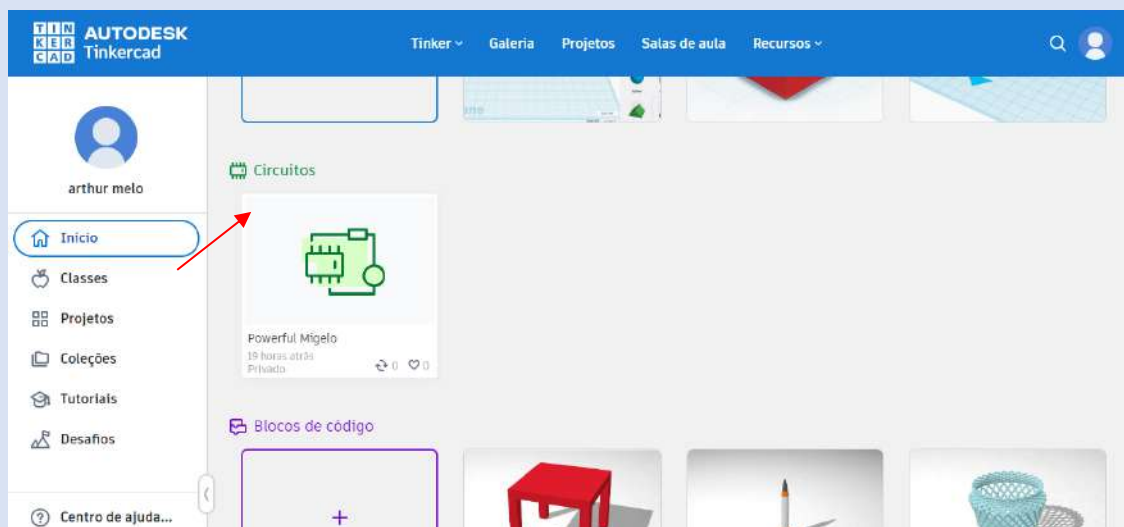
Procedimentos para a realização da atividade

Caro aluno, para a realização dessa aula prática você precisa acessar o TinkerCad – Online. Siga os seguintes procedimentos:

1. Já logado, conforme o tutorial, acesse a página inicial do TinkerCad, conforme figura abaixo;



2. Clique em “CIRCUITOS”;



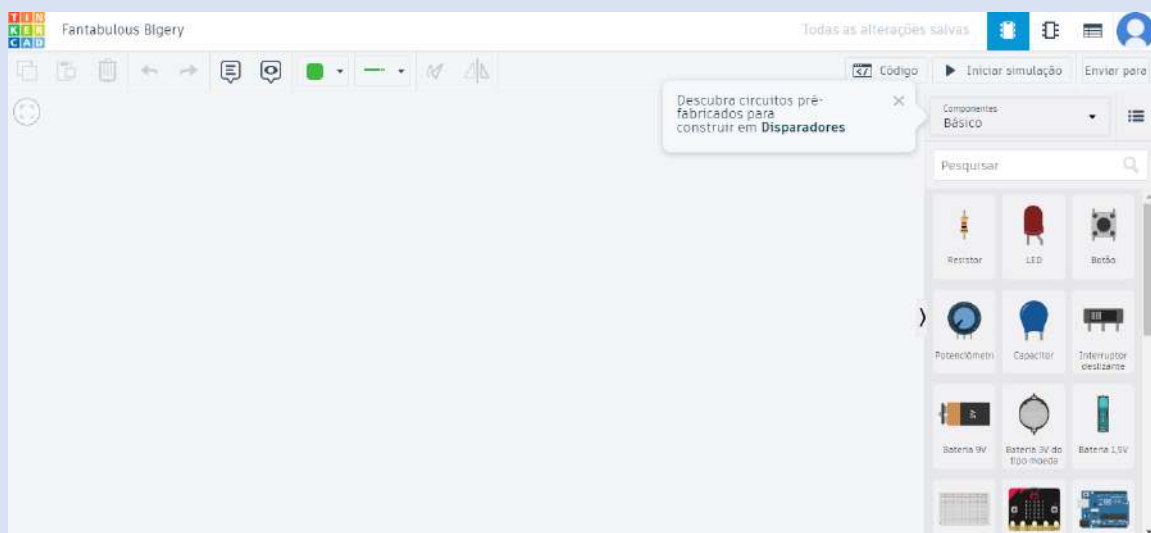
3. Em seguida clique em “Criar”;



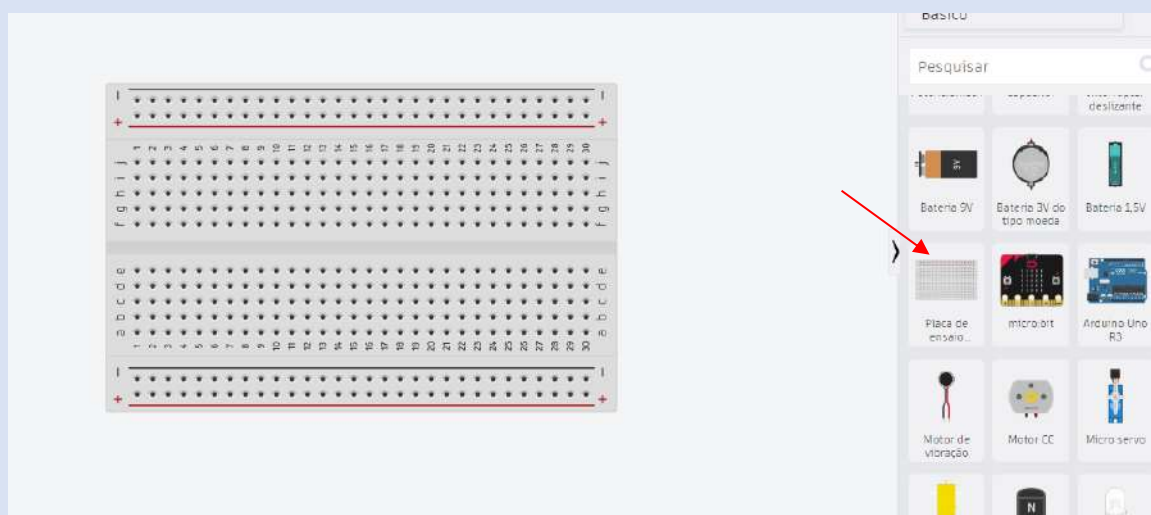
4. Uma nova aba será aberta, onde se deve clicar em “circuitos”;



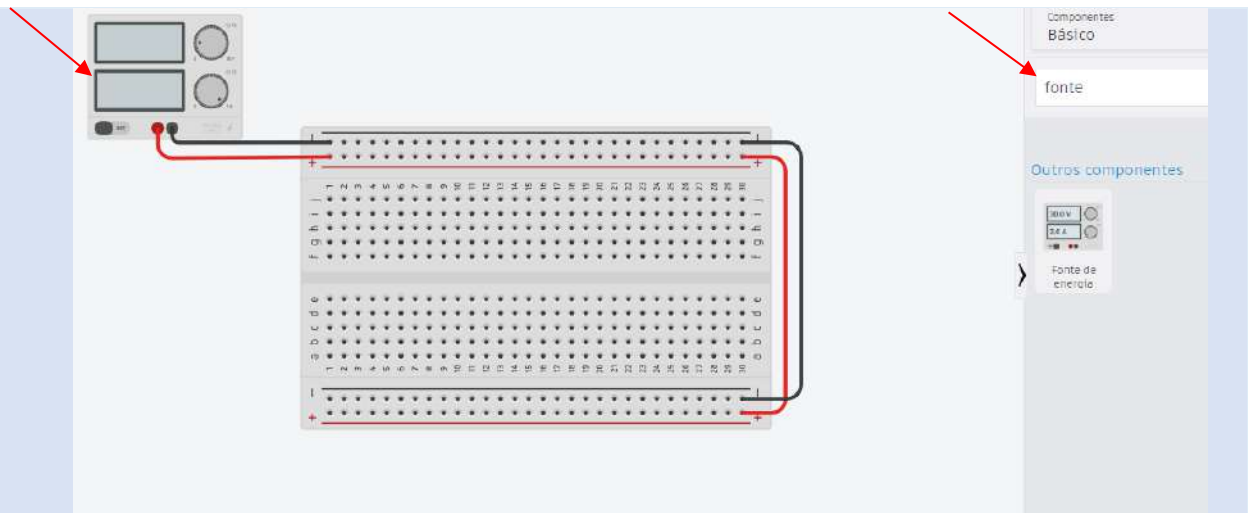
5. Ao fazer isso, uma nova página abrirá, onde será montado o circuito;



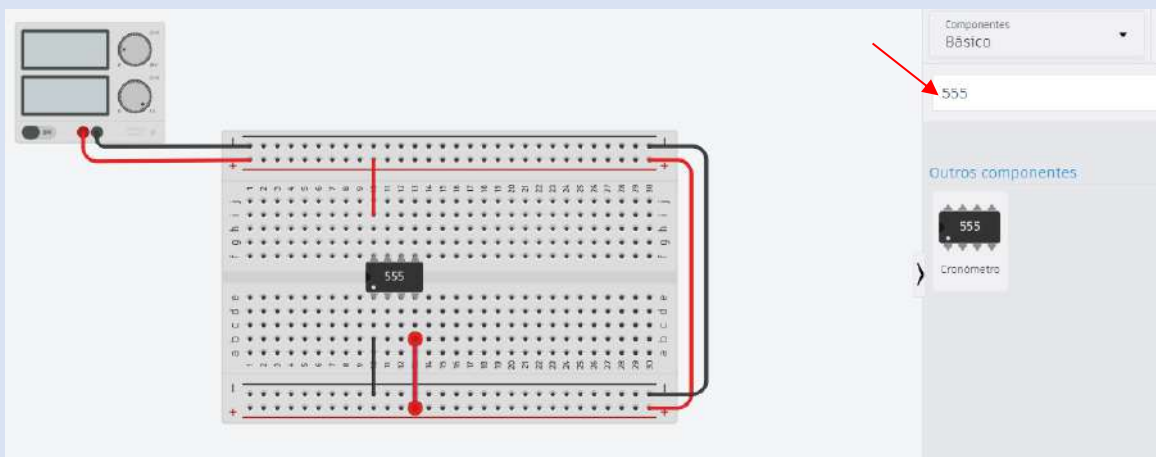
6. Na aba a direita têm-se os elementos necessários a simulação. Comece selecionando uma “placa de ensaio”;



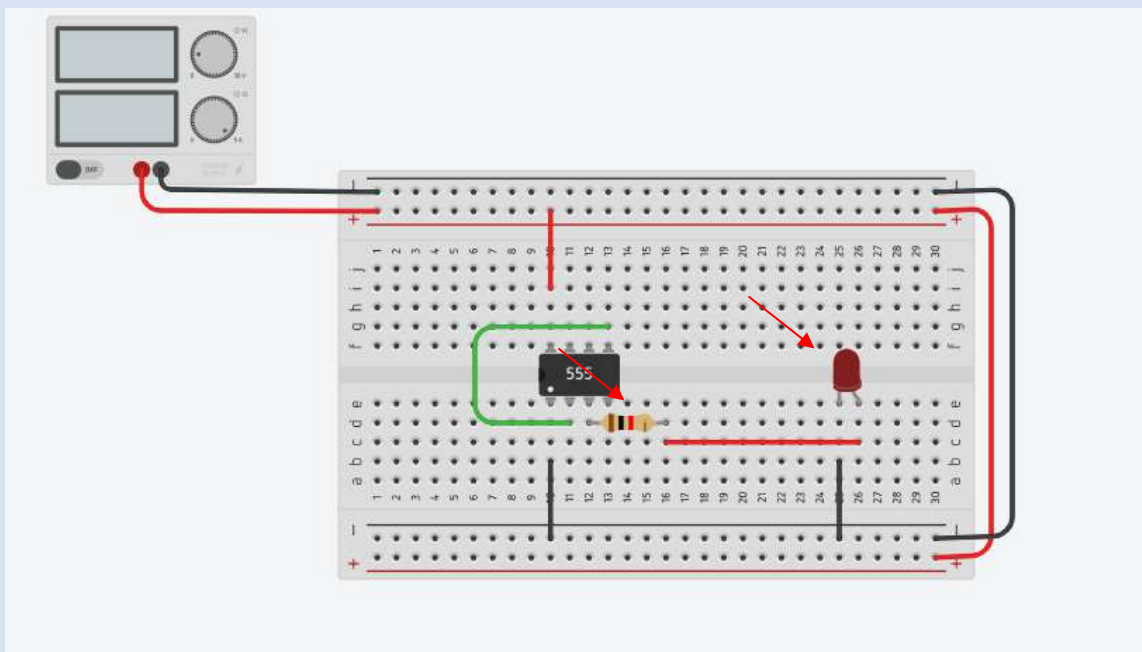
7. Em pesquisar, digite “fonte de energia” e selecione-a. Em seguida realize a seguinte ligação, mostrada na figura abaixo.



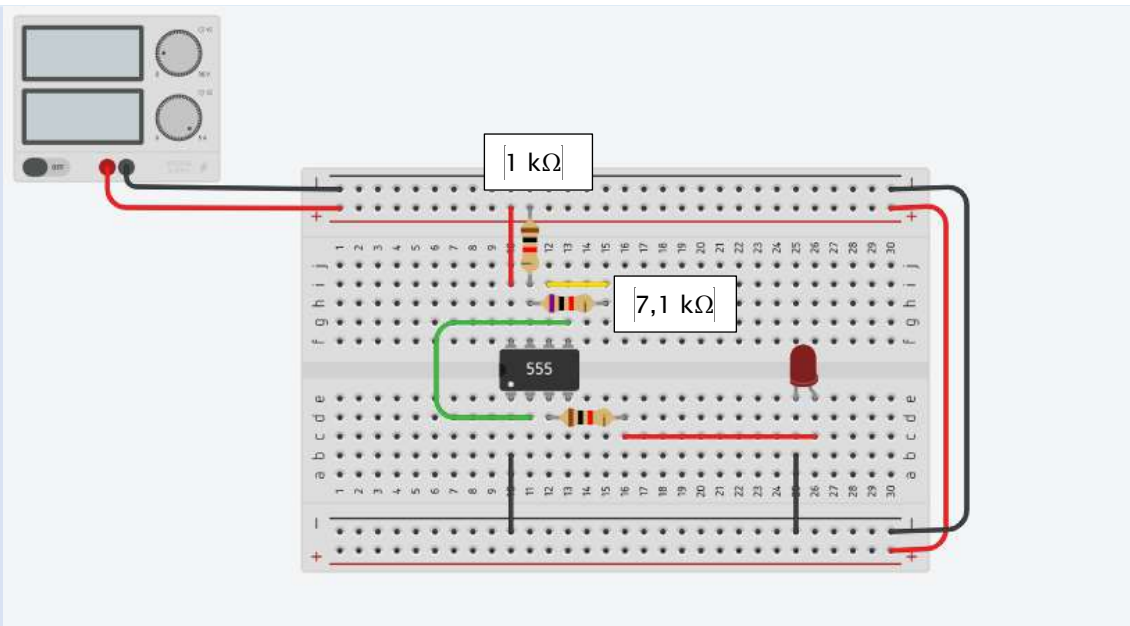
8. Em pesquisar, digite 555, e selecione o dispositivo. Efetue a ligação adequada, como mostra a figura abaixo.



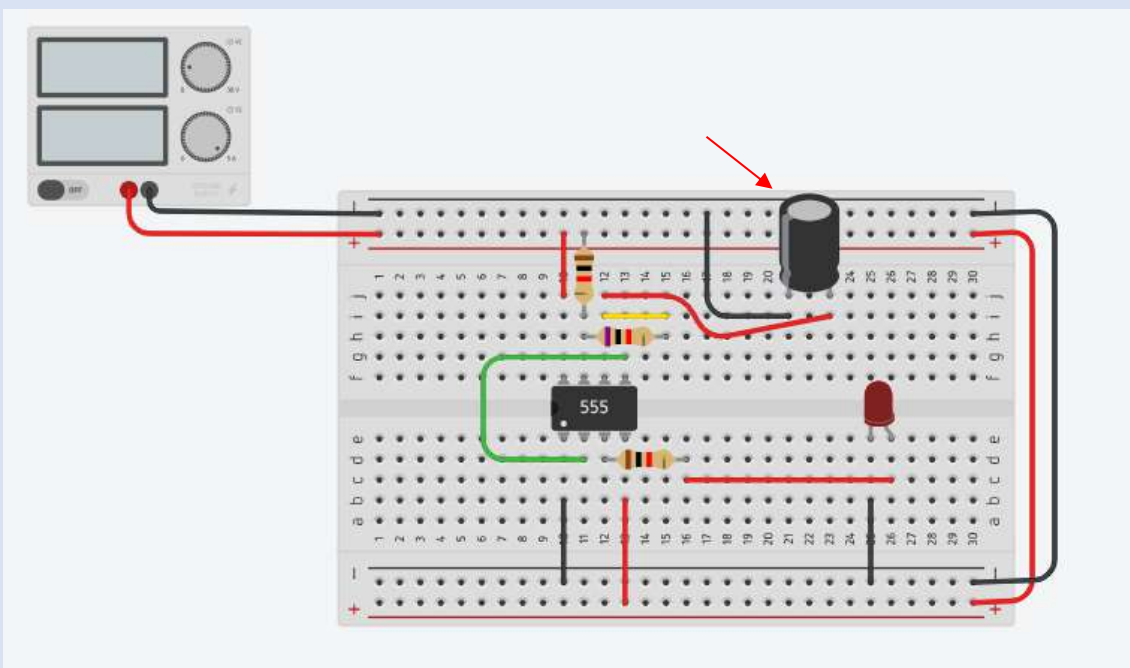
9. Adicione agora um led, para isso selecione o dispositivo na aba a direita. Adicione também um resistor de 1 kΩ. Execute a ligação conforme a figura abaixo.



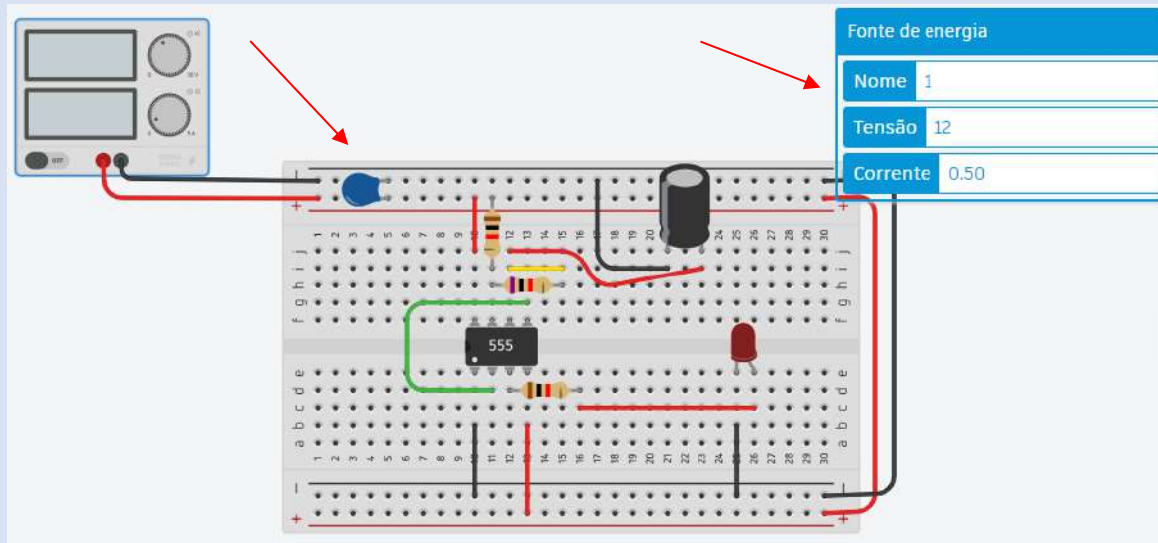
10. Adicione agora dois resistores, um de 1 kΩ e outro de 7,1 kΩ. Execute a ligação conforme a figura abaixo.



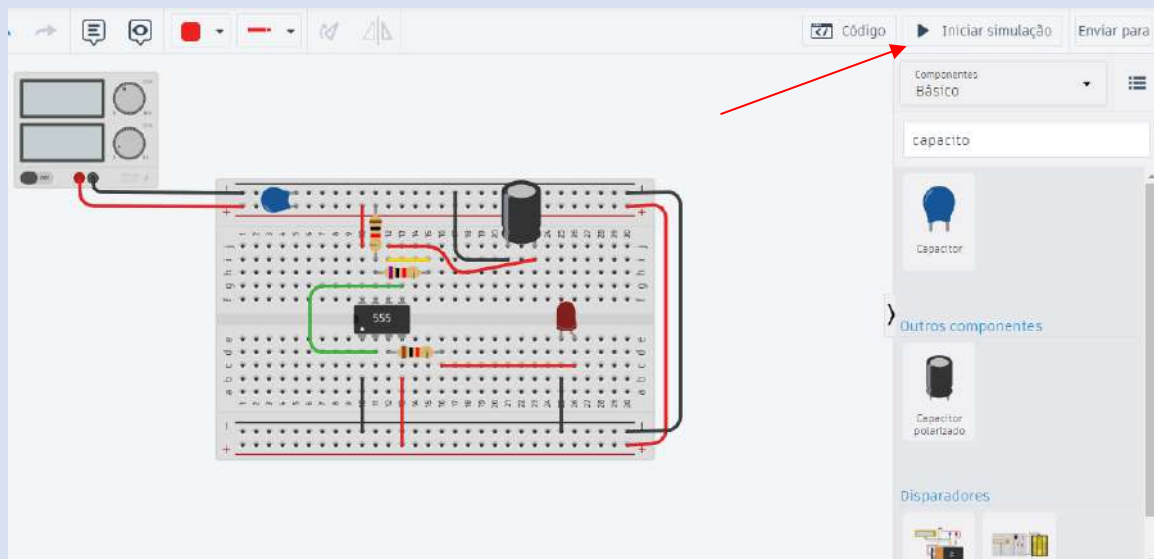
11. Adicione agora um capacitor polarizado de $47\text{ }\mu\text{F}$ e classe de tensão de 16 V .



12. Coloque uma tensão de 12 V na fonte e uma corrente de 0,5 A na fonte de energia. Adicione um capacitor de 100 nF.

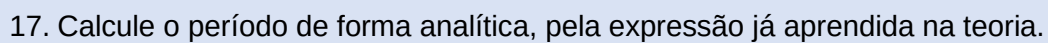
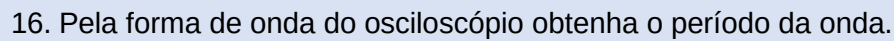


13. Clique em iniciar simulação.



14. Verifique o comportamento do led.

15. Adicione um osciloscópio, basta digitar o nome do dispositivo em pesquisar. Ligue conforme a Figura abaixo. O osciloscópio deve ter 100 ms por divisão.



1. Acessar o tutorial de instalação e uso do TinkerCad;
2. Criar um novo circuito no TinkerCad;
3. Selecionar os elementos necessários ao circuito simulado;
4. Realizar a devida ligação entre os elementos, sem esquecer das referências de terra;
5. Coletar a tensão na saída do CI 555;
6. Comparar a resolução analítica com a simulação.

Estudante, você deverá entregar:

Entregar um relatório em PDF com o circuito equivalente do multivibrador astável simulado, a onda gerada na saída do CI 555, o cálculo analítico do período da onda gerada e a comparação entre os resultados obtidos.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 4

Unidade: Unidade 4 –Filtros Ativos

Aula: Aula 14 – Aplicações de Filtros Ativos

Software

Software

Livre

Infraestrutura

Computador;

Software LTspice instalado.

Descrição do software

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

Atividade Prática

Introdução

Neste roteiro vamos por em prática o que aprendemos sobre aplicações de filtros ativos, simulando um circuito que é utilizado como filtro ativo passa-baixa. Vamos confrontar os resultados obtidos pela simulação computacional com os aprendidos na teoria. O objetivo é comprovar que os resultados advindos da teoria serão idênticos aos obtidos computacionalmente.

Atividade proposta

Simular o filtro ativo passa-baixa.

Objetivos

Compreender o funcionamento de um filtro ativo passa-baixa;

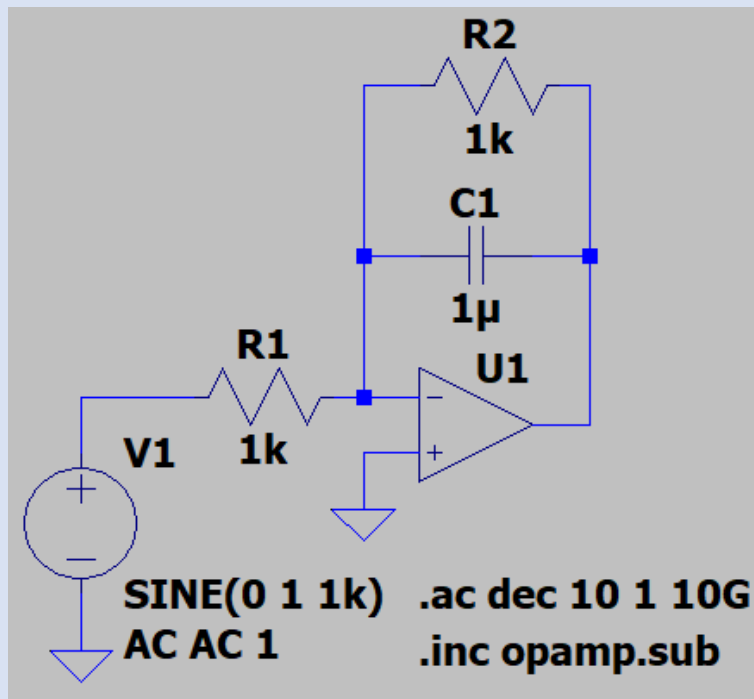
Desenvolver e simular um filtro ativo passa-baixa;

Analisar os resultados obtidos de forma analítica e computacional.

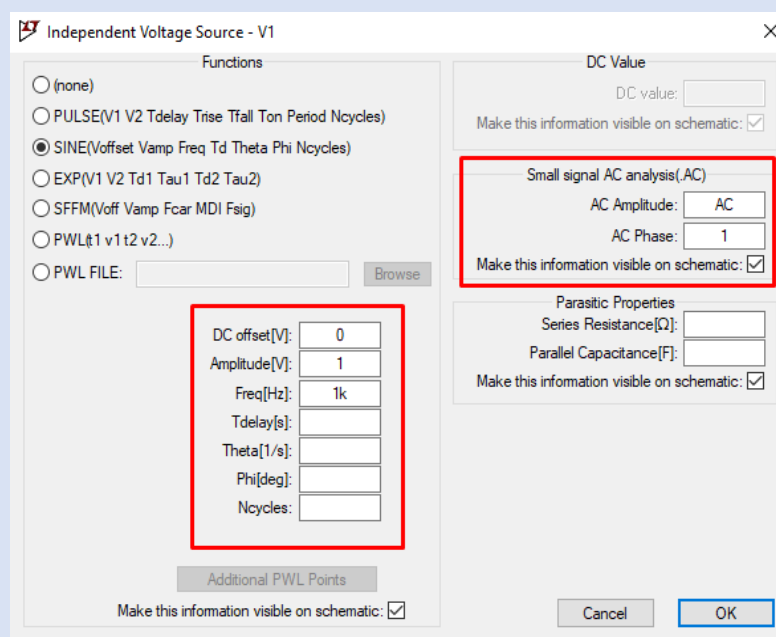
Procedimentos para a realização da atividade

Caro aluno, para a realização dessa aula prática você precisa ter o LTspice instalado no seu computador. Siga os seguintes procedimentos:

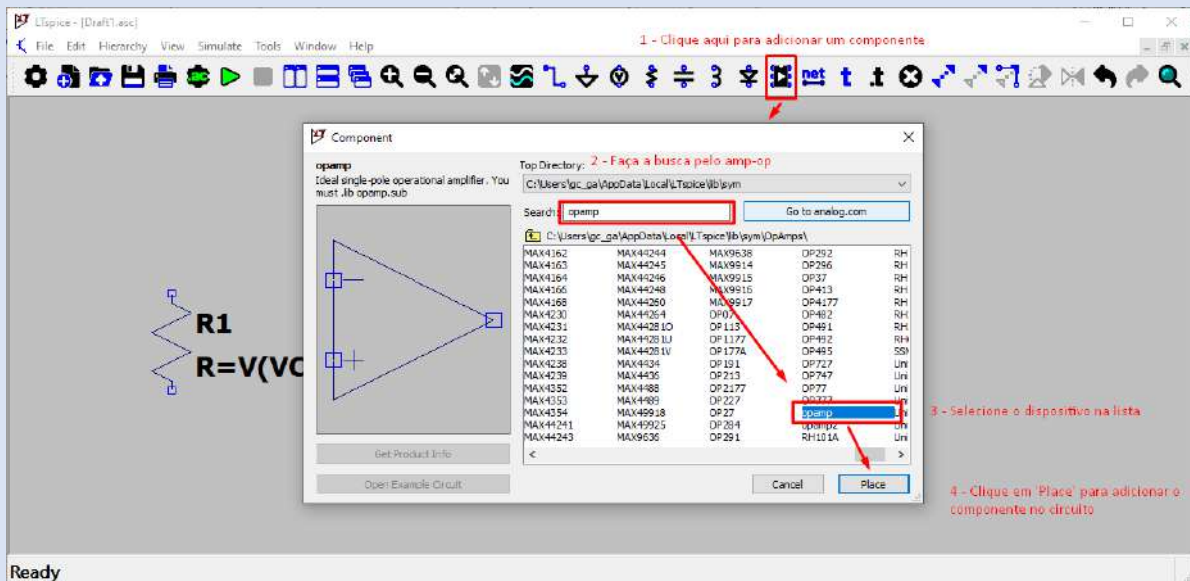
1. Abra o LTspice, crie um novo esquemático e monte o circuito apresentado a seguir. O próximos passos indicam como realizar a montagem e a simulação do circuito.



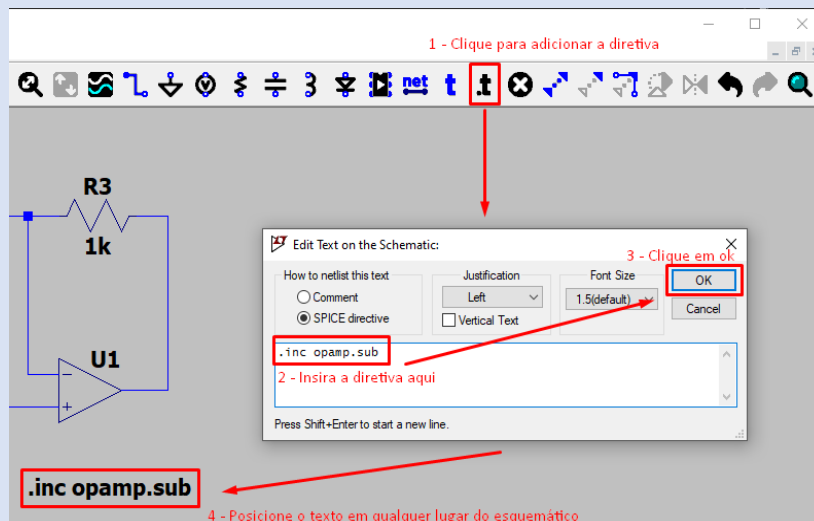
2. Configure a fonte de tensão para um sinal alternado senoidal ('SINE') com os seguintes valores:



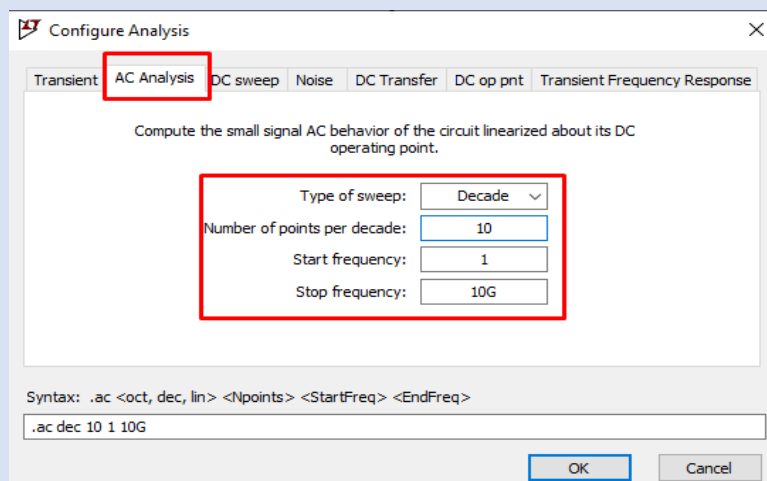
3. Para adicionar um amplificador operacional, selecione o componente 'opamp'.



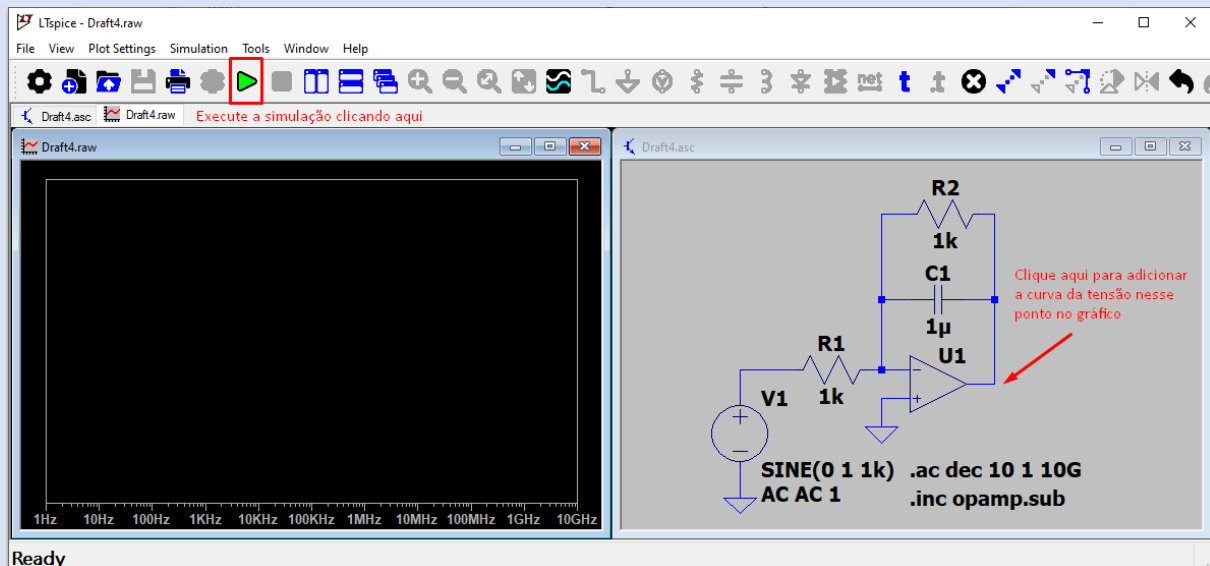
Depois disso, adicione uma diretiva de simulação para que ele funcione ('SPICE directive') utilizando o atalho na barra de ferramentas ou a tecla '.' do teclado e insira o texto '.inc opamp.sub'.



4. Configure a simulação na opção 'AC Analysis' e ajuste os parâmetros conforme indicado a seguir.



5. Realize a simulação obtendo o gráfico da tensão da resposta em frequência na saída do amplificador amperacional. Apresente o gráfico obtido com a frequência de corte do filtro no relatório da aula.



6. Calcule a frequência de corte desse filtro analiticamente.
7. Compare a simulação com o resultado obtido analiticamente.

Checklist

1. Acessar o tutorial de instalação e uso do LTspice;
2. Criar um novo circuito no LTspice;
3. Selecionar os elementos necessários ao circuito simulado;
4. Realizar a devida ligação entre os elementos, sem esquecer das referências de terra;
5. Coletar a tensão da saída no amplificador operacional;
6. Comparar a resolução analítica com a simulação.

Estudante, você deverá entregar:

Entregar um relatório em PDF com o filtro ativo passa-baixa simulado, o cálculo analítico da frequência de corte e a comparação entre os resultados obtidos.