



Universidade Federal de Uberlândia
FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT31402 - Experimental de Eletrônica Analógica I



Tutorial LTspice

Utilização do LTspice para experimentos com diodo e transistor

Luiza Custódio Freitas

Uberlândia
2023

Sumário

1 . Um pouco sobre o LTspice	3
2. Instalação do software e de bibliotecas	3
3. Criação e salvamento de um arquivo spice	6
4. Conhecendo o software	7
5. Montagem do esquemático	9
5.1. Principais Componentes	9
5.1.1. Resistor, Capacitor e Indutor	9
5.1.2. Diodo e Transistor	11
5.1.3. Fontes de Tensão DC e AC	13
5.1.4. Atalhos para acessar componentes	16
5.2. Criação de Diretiva Spice	17
6. Simulação	19
6.1. Simulação Contínua em um ponto específico	19
6.2. Simulação em função do tempo	20
6.3. Simulação para pequenos sinais em AC	21
Referências	23

1 . Um pouco sobre o LTspice

O LTSpice é um software produzido pela Linear Tehcnology e que agora é parte da Analog Devices cuja finalidade é a simulação e análise do comportamento de circuitos elétricos contendo os mais variados componentes: resistores, capacitores, diodos, amplificadores operacionais e outros. Neste tutorial iremos aprender como montar e simular dentro desta plataforma circuitos práticos que contém diodos ou transistores. Com isso, podemos estimar os valores de tensão e corrente, bem como de resposta em frequência de nossos circuitos antes mesmo de executá-los na prática.

Para se realizar uma simulação no LTSpice, podemos inserir as informações de entrada de duas formas: através de uma sequência de linhas de descrição, ou através de sua interface gráfica que nos possibilita desenhar o circuito e selecionar a representação desejada dos resultados. Aqui, iremos focar na segunda maneira, ou seja, selecionando os componentes desejados e criando o desenho.

2. Instalação do software e de bibliotecas

O primeiro passo consiste em fazer a instalação do software caso ainda não o obtenha, para isto basta entrar no site da Analog Devices ->Design Center -> LTSpice e clicar na opção de download que corresponde ao seu sistema operacional. O link para o download é o seguinte:

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

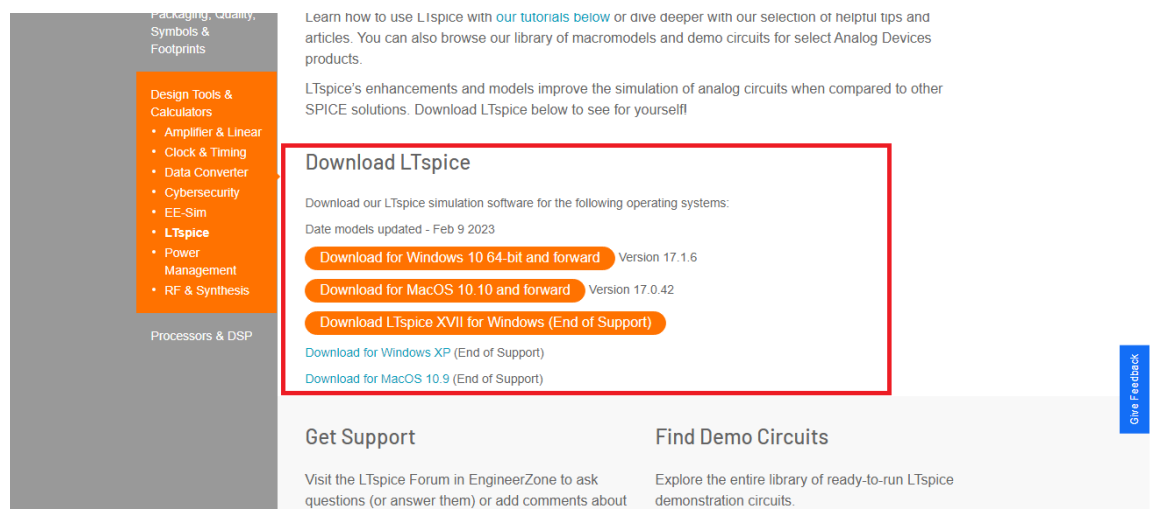


Figura 1: Download do LTspice - Parte 1.

Para instalarmos o LTSpice, basta clicarmos no arquivo de extensão .exe que foi

baixado. Com isso a janela abaixo será aberta e se você concordar com os termos de instalação, basta clicar em ACCEPT:

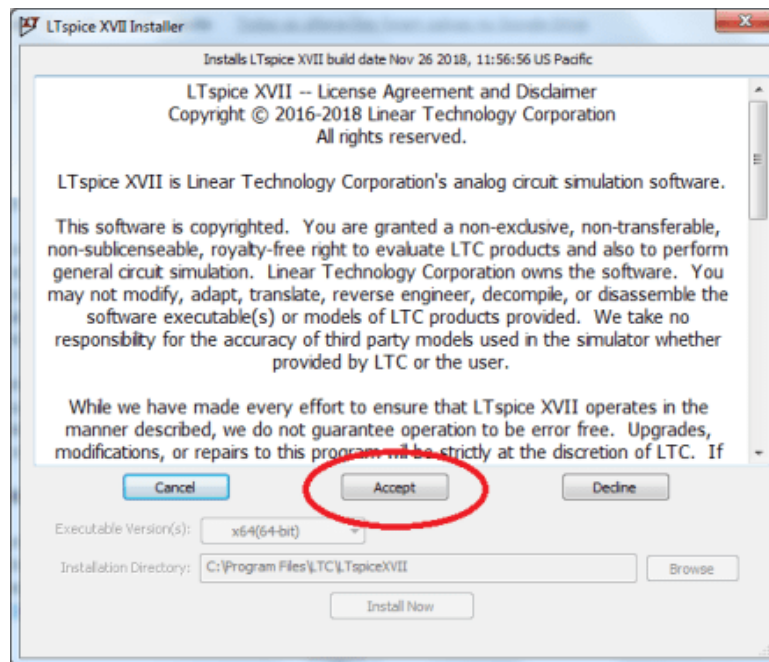


Figura 2: Download do LTSpice - Parte 2.

Com isso, o botão INSTALL NOW será liberado e a instalação poderá ser iniciada clicando nele.

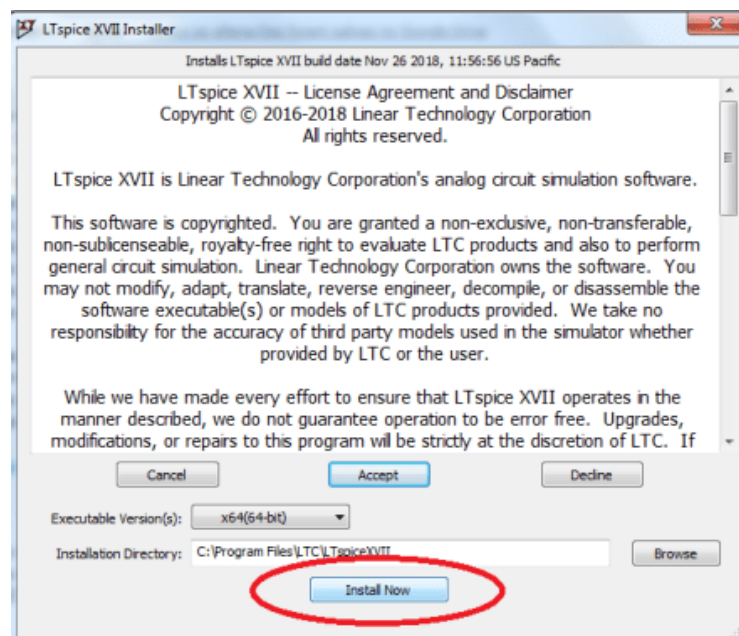


Figura 3: Download do LTSpice - Parte 3.

Depois de alguns minutos a instalação será concluída, clique em OK e depois de

alguns segundos o software estará pronto para uso.

Agora, com o software disponível, precisamos instalar algumas bibliotecas fundamentais para a obtenção de componentes. Para isto, é necessário fazer o download da biblioteca que se deseja e, dentro do explorador de arquivos do seu dispositivo, descompactar a pasta zip. Concluído esse passo, você irá copiar os componentes e colar dentro da pasta do LTspice conforme as próximas figuras ilustram.

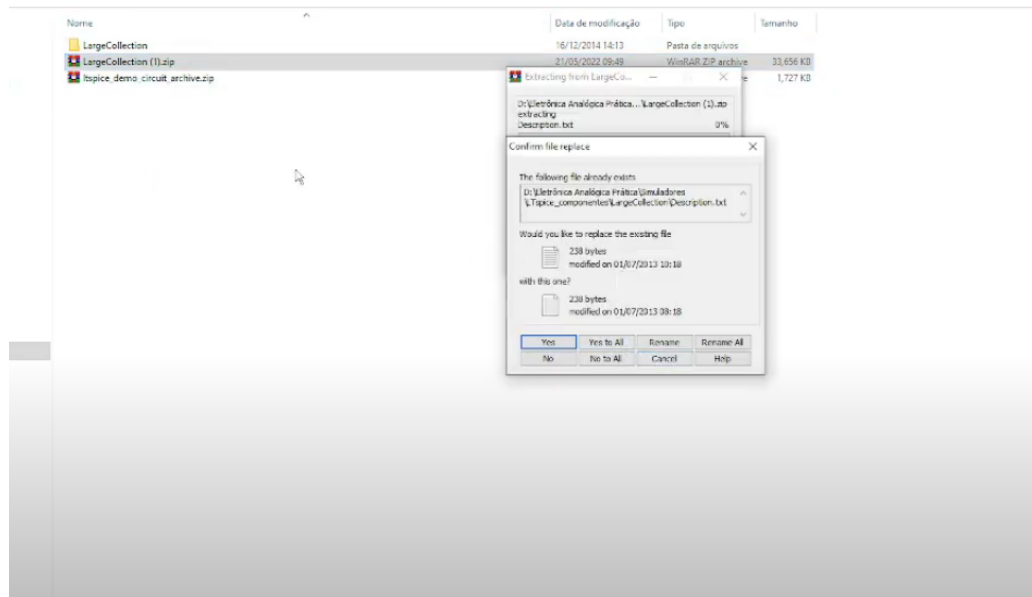


Figura 4: Extraíndo os arquivos.

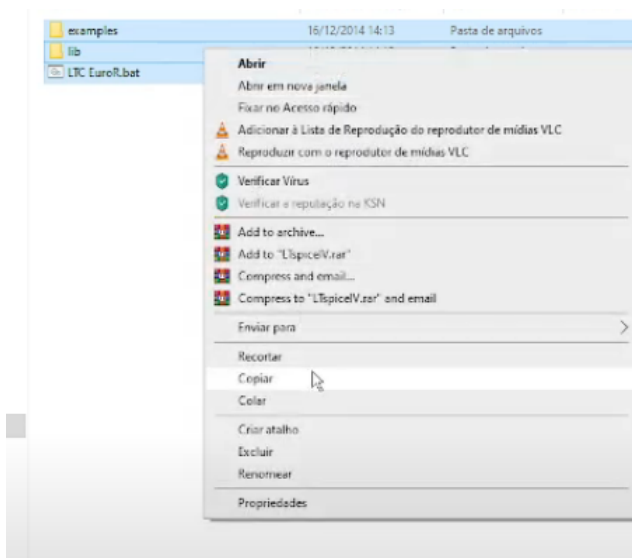


Figura 5: Copiando os arquivos já extraídos.

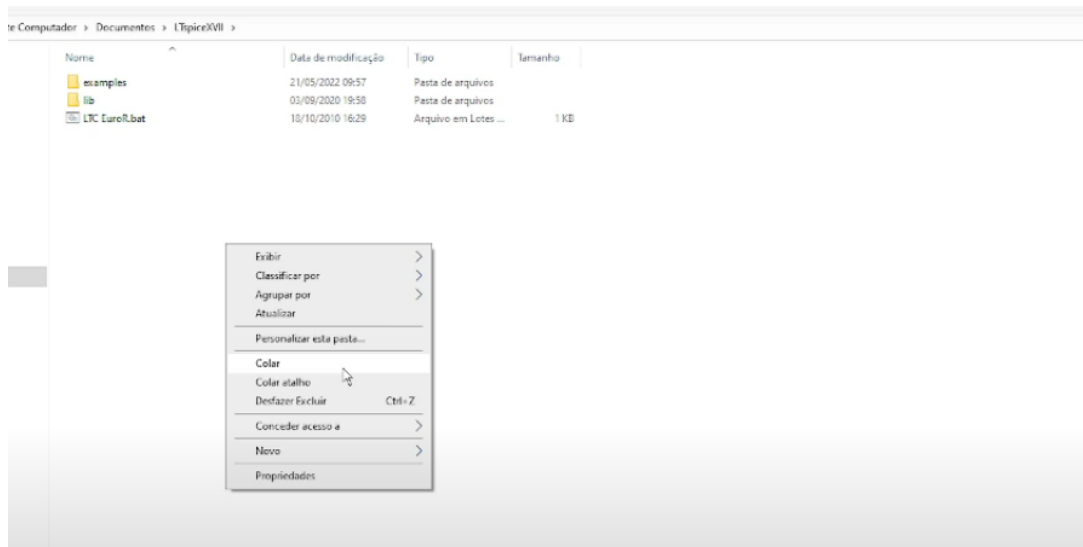


Figura 6: Colando os arquivos copiados.

Durante esse último passo aparecerá uma mensagem e, para não perder componentes já existentes, clique na opção “IGNORAR” e após alguns momentos a biblioteca estará instalada.

3. Criação e salvamento de um arquivo spice

Após instalada a biblioteca indicada e outras de interesse próprio, seu software está pronto para ser usado, ao acessar o LTspice, terá no canto superior à esquerda um botão para realizar um novo arquivo, chamado NEW SCHEMATIC, clicando com o botão esquerdo do mouse você irá ter acesso à uma nova tela onde será produzido o projeto de interesse.

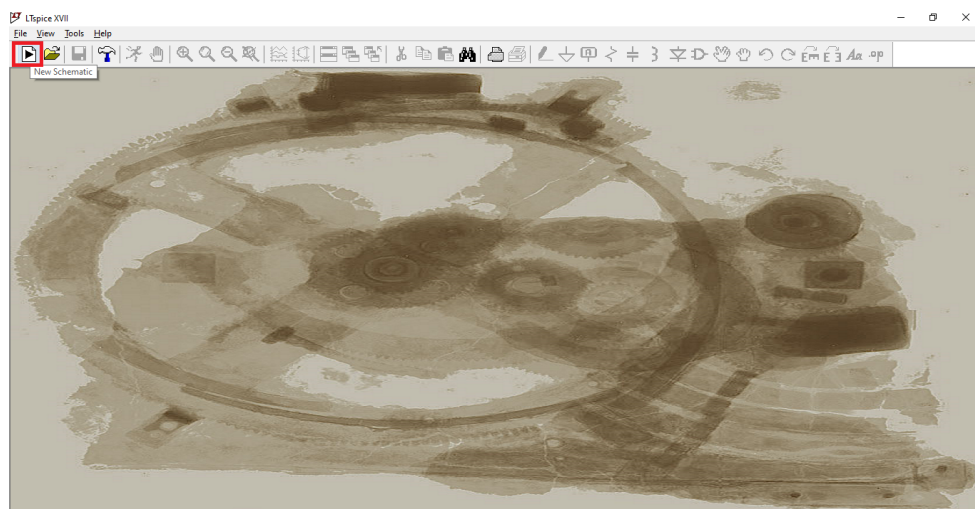


Figura 7: Tela inicial do LTspice.

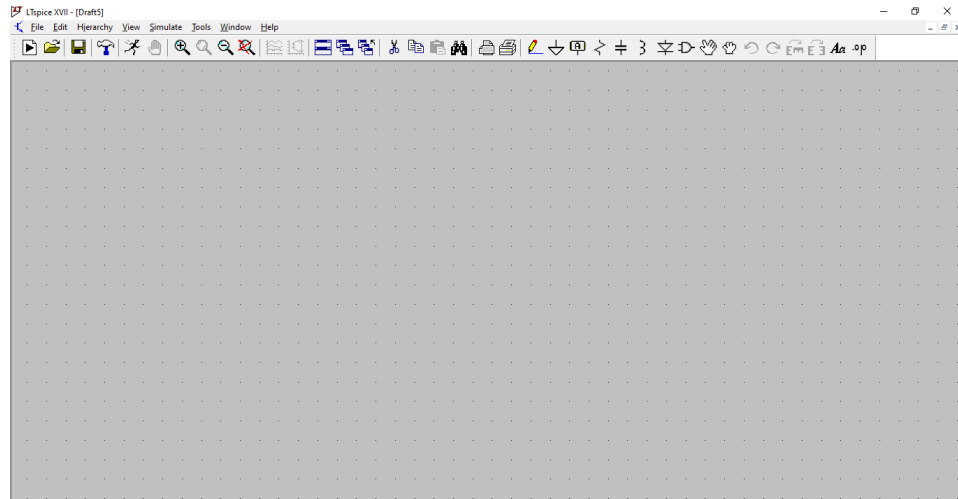


Figura 8: Tela para esquemático do LTspice.

Para evitar que seu projeto seja perdido, é recomendado salvá-lo, com um clique em FILE e depois em SAVE AS é possível salvar o arquivo spice em um local seguro e de escolha do autor.

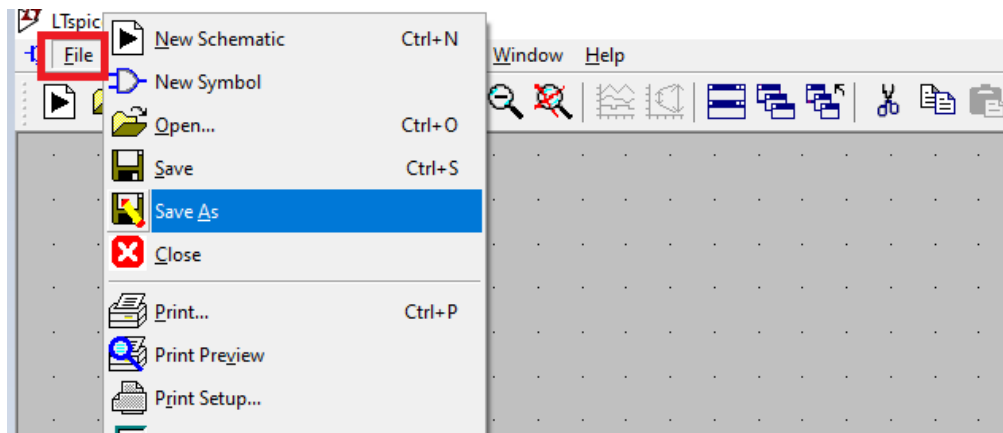


Figura 9: Salvando um arquivo do LTspice.

Veja que na figura acima, além da opção de salvar um novo arquivo, tem-se também o "SAVE" que serve para salvar o arquivo que está aberto e sendo manipulado pelo usuário e temos o "OPEN" para abrir um arquivo spice já existente no dispositivo.

4. Conhecendo o software

Uma breve visão sobre os itens que aparecem na parte superior do programa, já que estes serão responsáveis pela montagem do circuito na parte central da tela.

No canto esquerdo já foram introduzidos anteriormente que servem para edição do arquivo em si, como excluir, abrir ou salvar. Nele também se encontra o botão "RUN" que é

responsável pelas simulações (veremos em outro tópico) e as lupas para zoom dentro do esquemático.

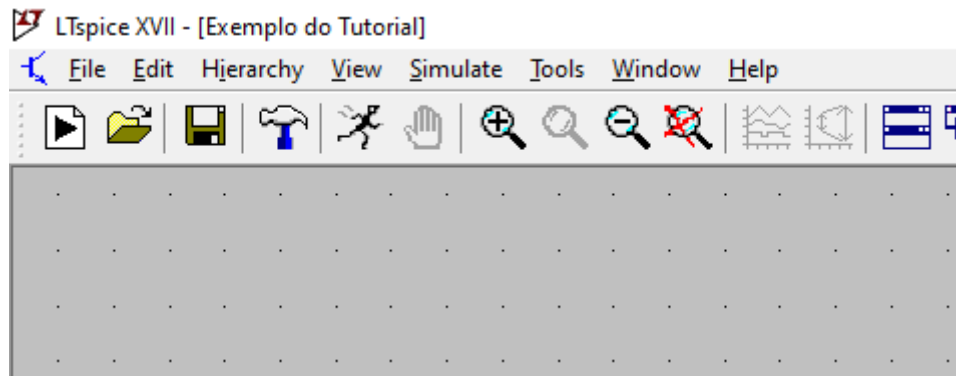


Figura 10: Canto esquerdo superior e seus ícones.

Já no meio, temos opções de tela, o botão “CUT” que serve para excluir algum componente desejado e opções para impressão do projeto.

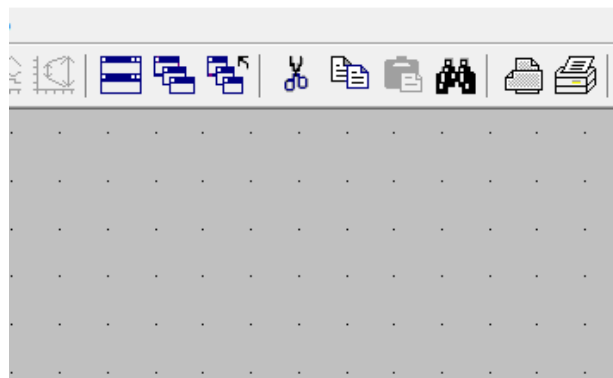


Figura 11: Meio superior e seus ícones.

No canto direito superior é onde estão os componentes e algumas formas de manipulá-los.



Figura 12: Canto direito superior e seus ícones.

WIRE = é a linha que interliga os componentes do circuito;

GROUND = é o componente com o papel de “terra” do circuito;

LABEL NET = serve para marcar os pontos que desejamos medir;

COMPONENT = busca por componentes;

MOVE e DRAG = manipulam o objeto e tornam possível o uso dos ícones de giro e mudança de posição do objeto selecionado;

TEXT = adiciona um texto;

SPICE DIRECTIVE = possibilita adicionar uma diretiva spice (será visto em tópico posterior).

5. Montagem do esquemático

5.1. Principais Componentes

5.1.1. Resistor, Capacitor e Indutor

No canto direito superior são encontrados os símbolos do resistor, capacitor e indutor e, quando selecionado algum deles (como no exemplo abaixo) aparece o componente e suas características que, com um clique, podem ser alteradas pelo autor do projeto.

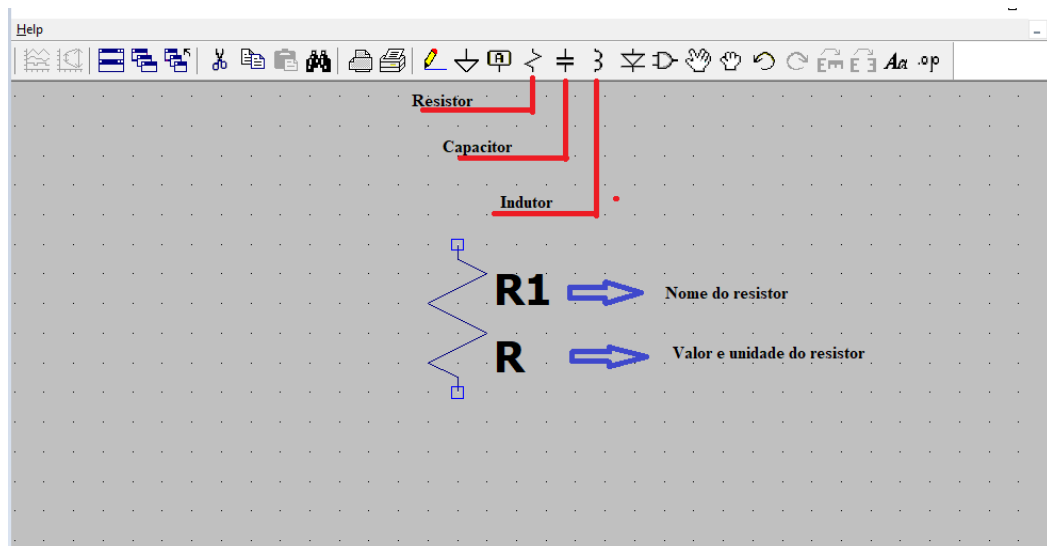


Figura 13: Resistor, capacitor e indutor.

Um detalhe importante de se lembrar é que os capacitores utilizados na maioria dos circuitos envolvendo eletrônica analógica serão os capacitores eletrolíticos. Para selecioná-los dentro do LTspice utilize o botão do canto direito superior identificado como “COMPONENT” e pesquise por “polcap” e selecione “ok”.

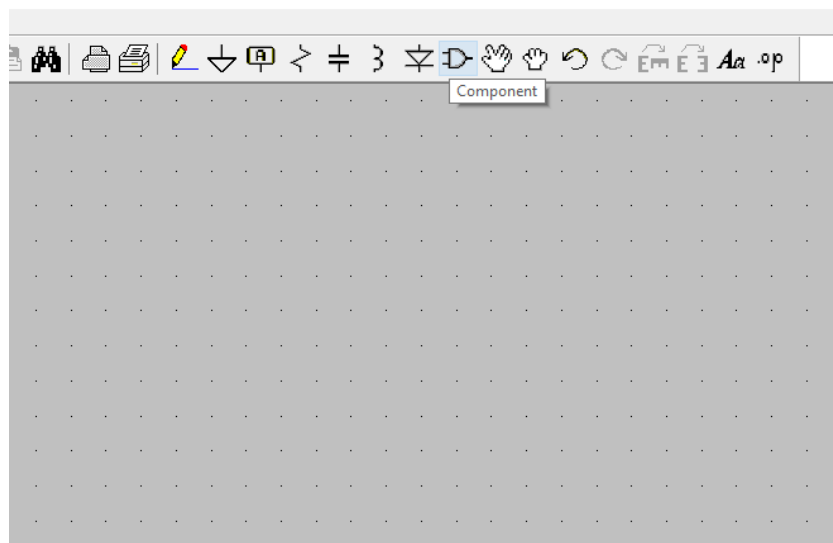


Figura 14: Selecionando componentes.

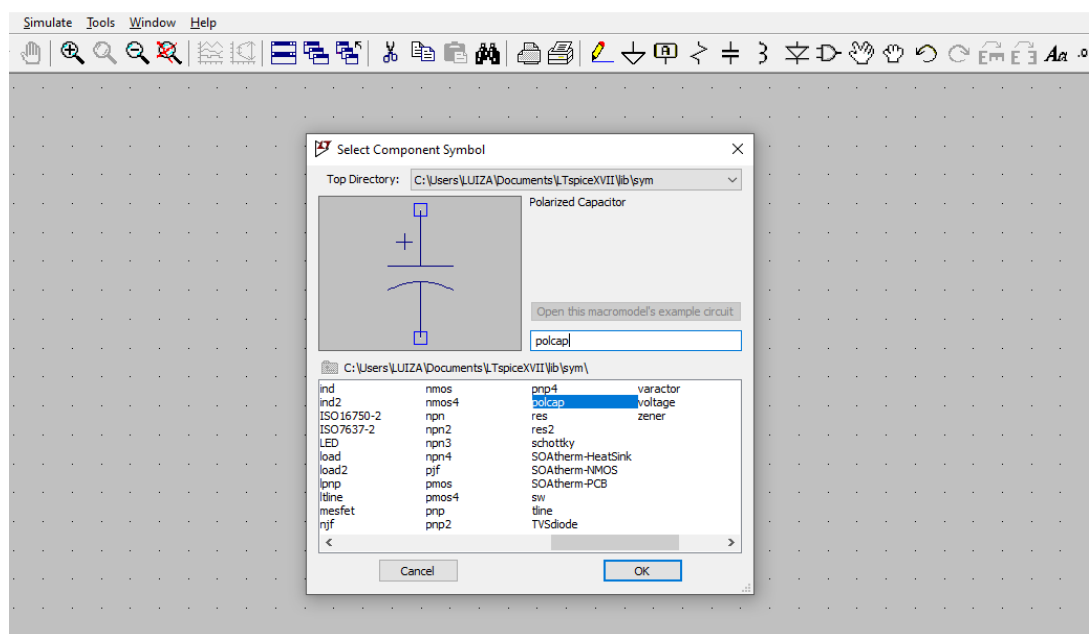


Figura 15: Busca pelo capacitor eletrolítico - polcap.

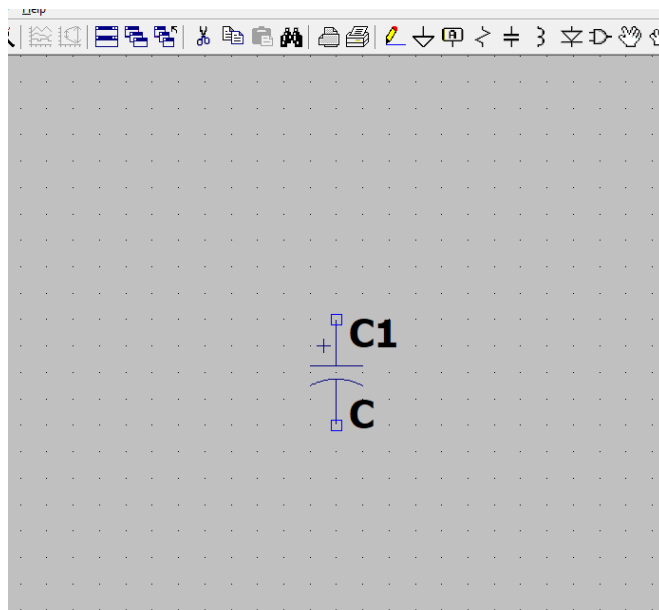


Figura 16: Capacitor eletrolítico - polcap.

5.1.2. Diodo e Transistor

Para seleccionar um diodo, pode clicar no botão “DIODE” no canto superior direito onde contém o símbolo do mesmo, ou pode seleccioná-lo dentro da busca em “COMPONENT” e digitar “Diode” e finalizar a busca com um clique em “OK”.

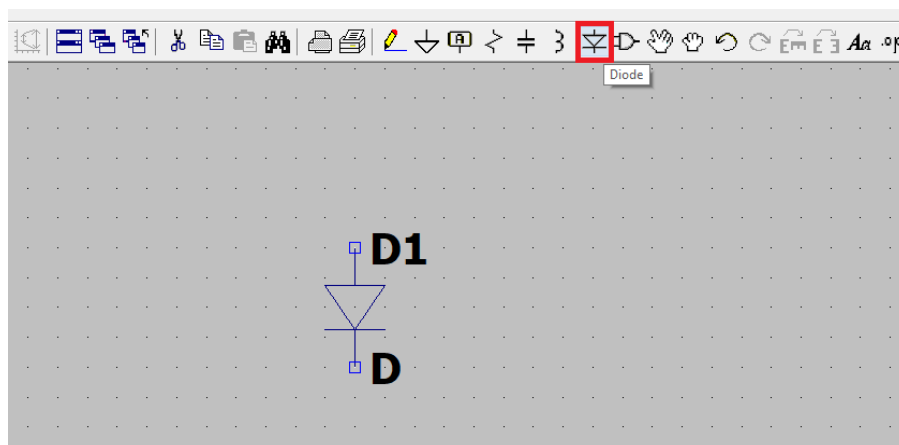


Figura 17: Diodo.

Agora para especificar o modelo do diodo, clique em cima do diodo e selecione “PICK NEW DIODE”, escolha o modelo requisitado e aperte “ok”.

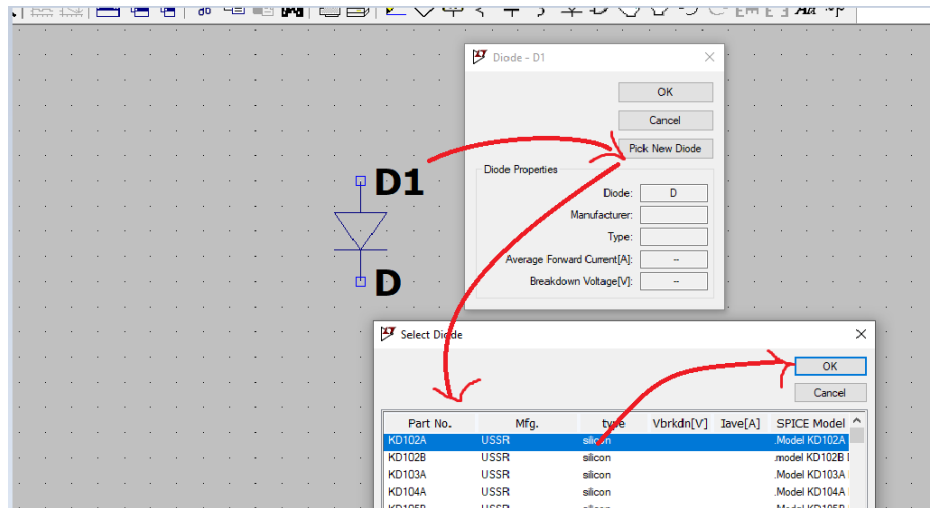


Figura 18: Selecionando o modelo do diodo.

Já para selecionar um transistor, atente-se se é do tipo NPN ou PNP, selecione dentro da busca em “COMPONENT”, digite “npn” ou “pnp” e finalize a busca com um clique em “OK”.

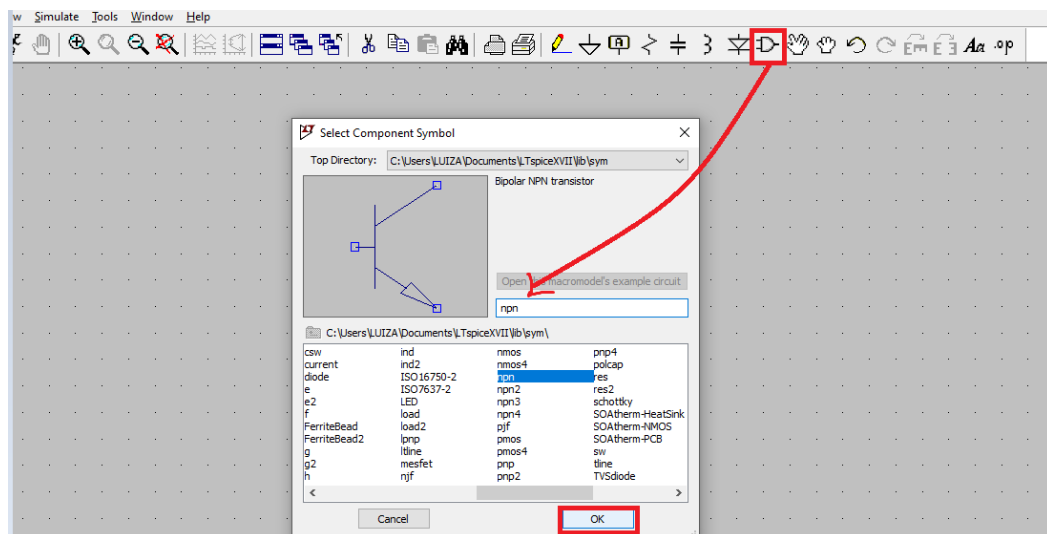


Figura 19: Transistor npn.

Para especificar o modelo do transistor, também é necessário clicar em cima do diodo e selecionar “PICK NEW TRANSISTOR”, escolher o modelo requisitado e finalizar em “OK”.

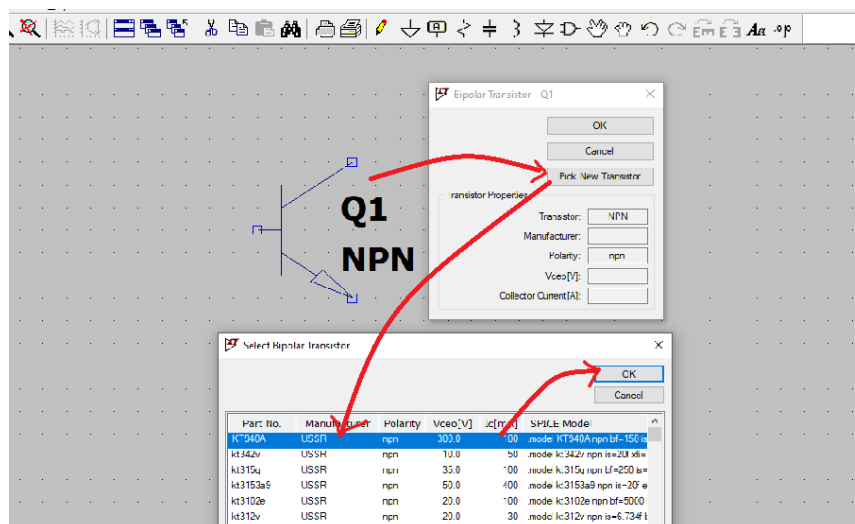


Figura 20: Selecionando o modelo do transistor.

Se o modelo que deseja selecionar não está disponível, você terá que verificar se fez o download corretamente da biblioteca que contém o modelo conforme tópico anterior.

Para alterar alguma característica no modelo do diodo ou do transistor escolhido, você pode criar uma diretiva spice, tópico que ainda será abordado.

5.1.3. Fontes de Tensão DC e AC

Tanto a fonte DC quanto a fonte AC são selecionadas da mesma forma, a diferença está na adição de informações na AC.

Para selecionar uma fonte de tensão, basta clicar em “COMPONENT”, buscar por “voltage” e depois “OK”.

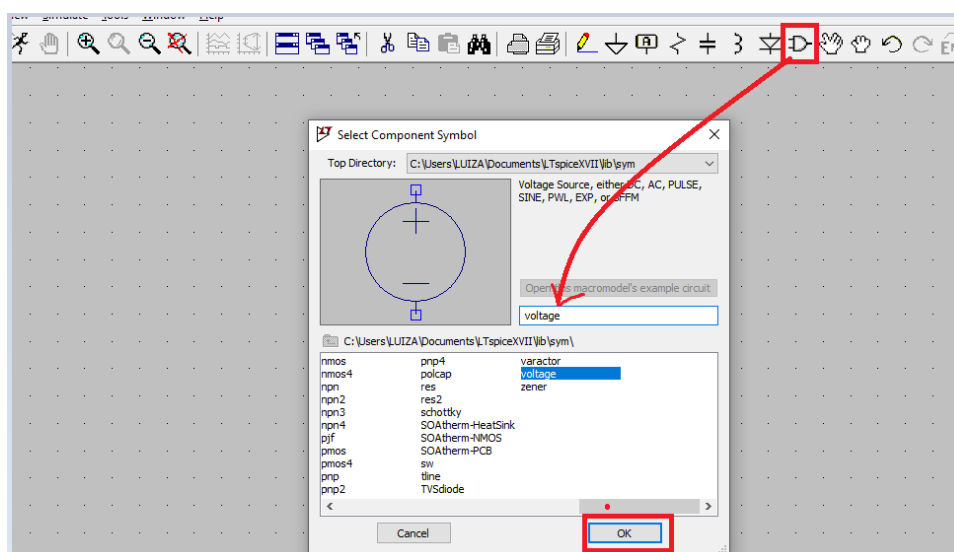


Figura 21: Fonte de tensão.

Em uma fonte DC, as únicas coisas a especificar são o nome e valor (com unidade) da mesma. No exemplo abaixo ao clicar em cima de “V1” pode-se observar o nome da fonte e também é possível alterá-lo, já ao clicar em “V” pode-se adicionar um valor, lembrando que a unidade padrão é Volts, se a unidade estiver diferente é necessário representá-la junto ao valor como no exemplo temos 10 mV.

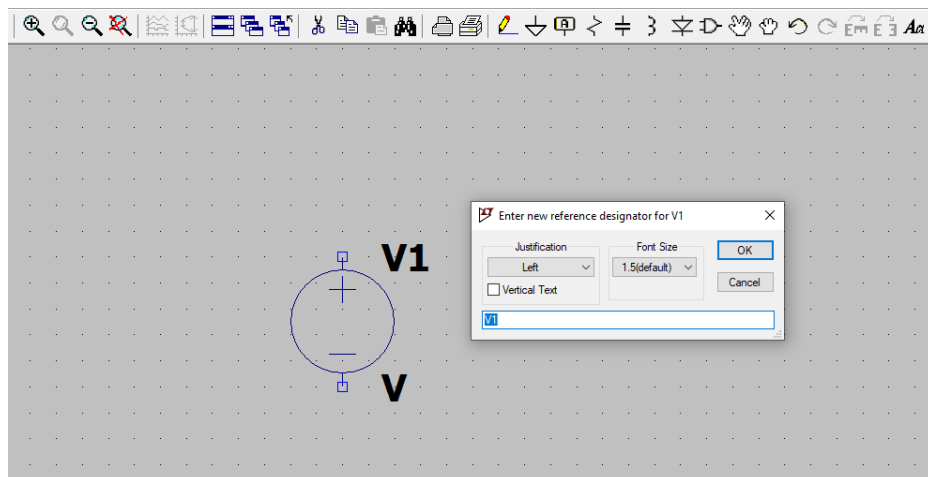


Figura 22: Nomeação da fonte de tensão DC.

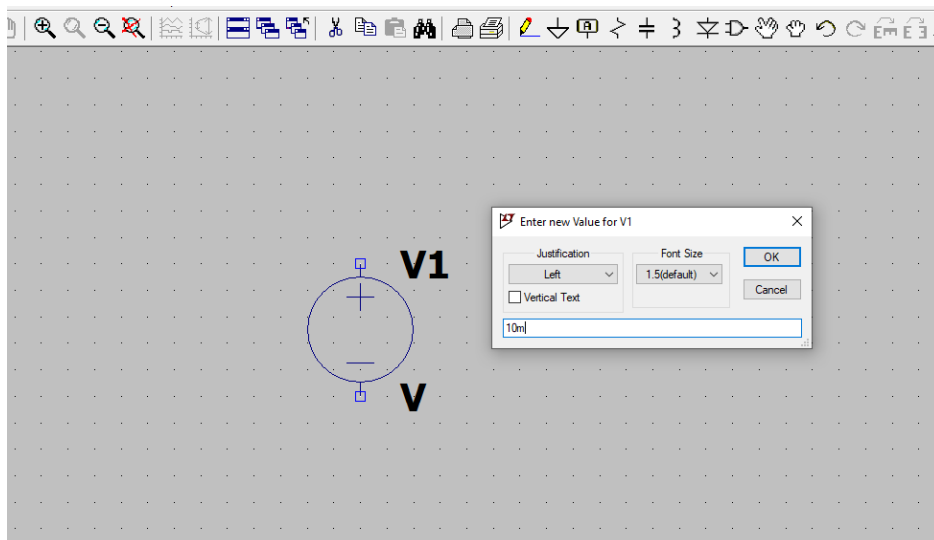


Figura 23: Valor e unidade da fonte de tensão DC.

Agora, tratando-se de uma fonte de tensão AC, depois de selecionar a opção “voltage” como dito anteriormente, clique em cima do ícone da fonte e vá em “Advanced”.

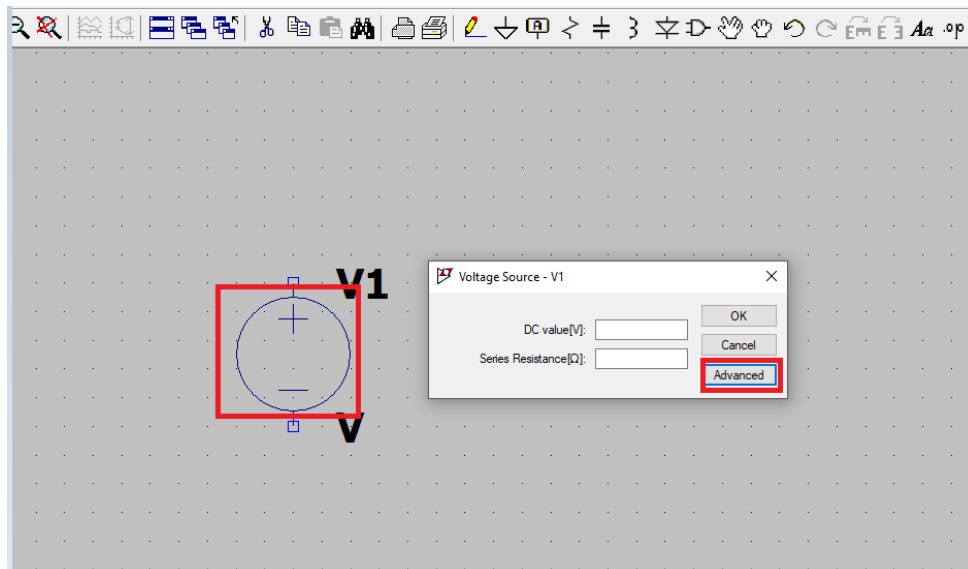


Figura 24: Configuração da fonte de tensão AC - Parte 1.

Dentro desta opção, o autor irá fazer a configuração da fonte de tensão alternada conforme é pedido no seu projeto. As configurações são feitas conforme a necessidade do projeto, como visto abaixo.

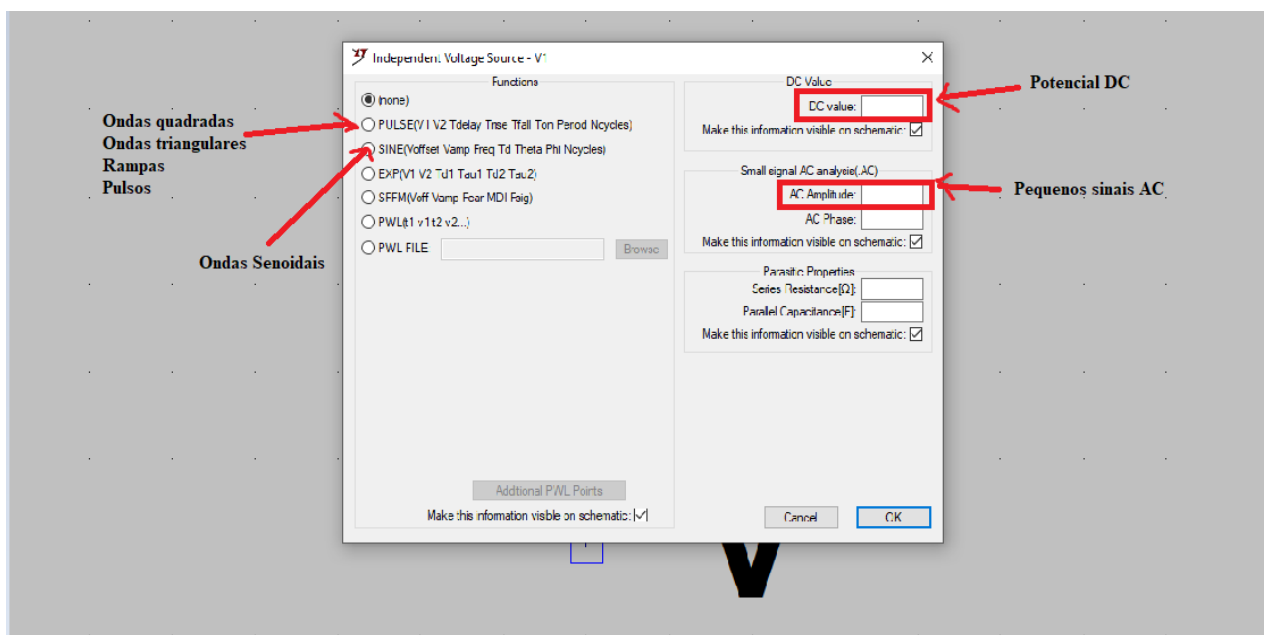


Figura 25: Configuração da fonte de tensão AC - Parte 2.

Para ondas senoidais:

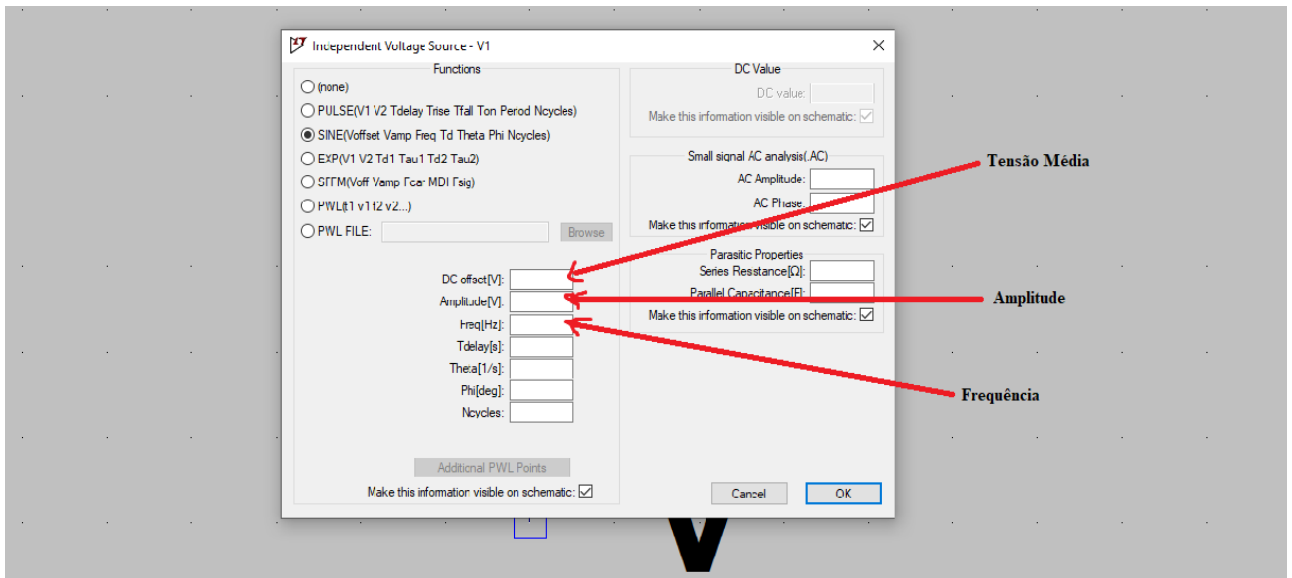


Figura 26: Configuração da fonte de tensão AC - Onda Senoidal.

Para ondas quadrada e triangular, rampa (ascendente e descendente) ou sinal pulsante:

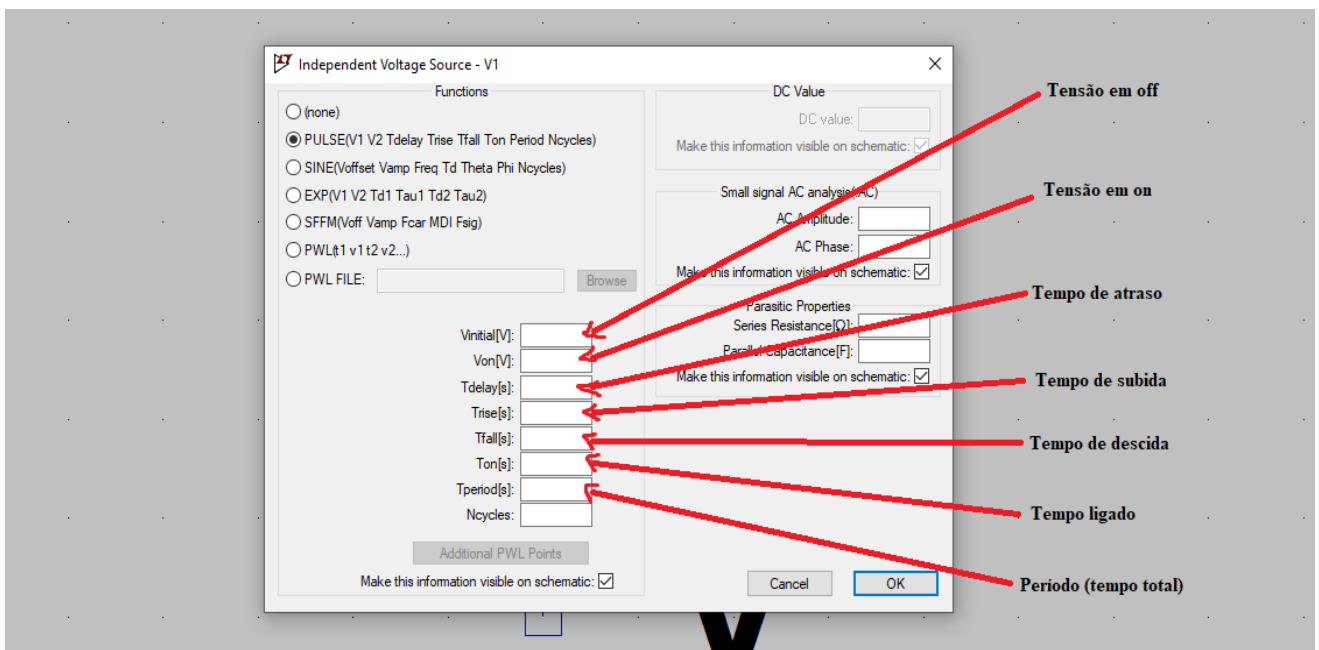


Figura 27: Configuração da fonte de tensão AC - Sinais Pulsantes.

5.1.4. Atalhos para acessar componentes

Alguns atalhos do teclado ajudam a acessar componentes e ativar outras funções importantes, os principais são:

F1 - Help (Ajuda)

F2 - Component (lista de Componentes)
F3 - Wire (Desenhar os Fios do Circuito)
F4 - Criar label
F5 - Apagar
F6 - Arrastar removendo do fio
F8 - Arrastar com o Fio
F9 - Desfazer

Shift + F9 - Refazer

R - Resistor
C - Capacitor
L - Indutor
D - Diodo
G - (Terra)

T - Adicionar Texto
S - Adicioanar diretiva SPice

U - Remover Marcação dos Pinos
A - Adicionar pontos Âncora

Ctrl + R - Rotacionar
Ctrl + E - Espelhar
Ctrl + G - Grid on/off
Ctrl + S - Salvar

Ctrl + Z - Zoom in
Ctrl + B - Zoom out
Espaço - Zoom off

5.2. Criação de Diretiva Spice

A criação de diretivas spice são um método de alterar parâmetros de modelos de

componentes desejados para se chegar o mais próximo possível de um sugerido pelo projeto.

Para este tutorial, é de grande importância saber criar uma diretiva spice tanto para diodo quanto para transistor. É necessário ter em mãos as informações do modelo que se deseja alterar parâmetros.

Imagine que em um dado exercício de simulação precise do transistor BC337 com o beta de 120, porém no LTspice temos apenas esse modelo com o beta valendo 292.4. Logo, precisaremos fazer uma diretiva com as informações do modelo.

Para isto acesse “.op” no canto superior à direita e selecione “SPICE directive”, após isso digite “.model” com o modelo desejado, o tipo de componente e entre parênteses as informações características do modelo, alterando aquilo que se deseja.

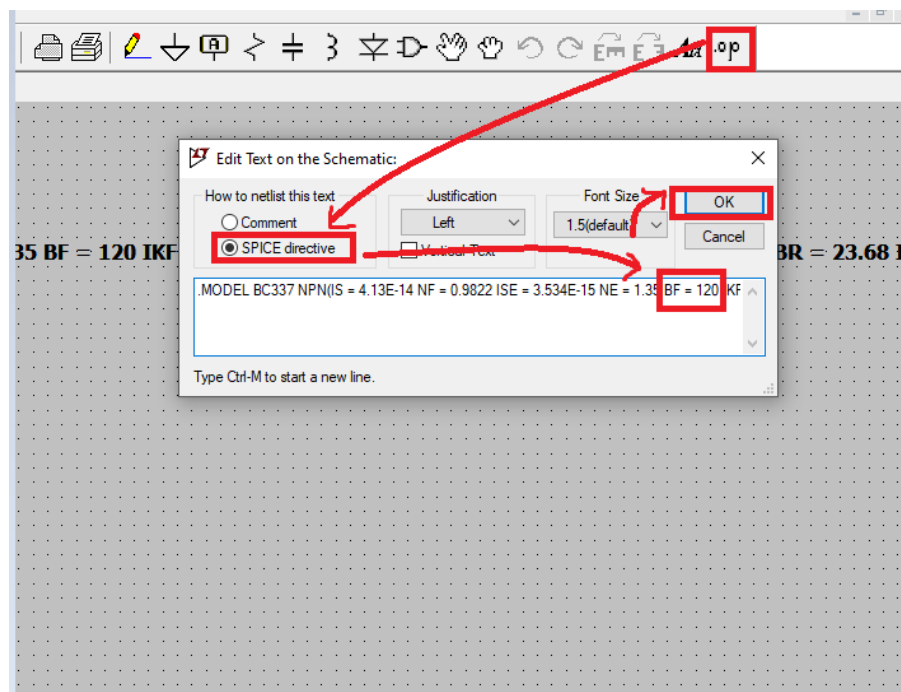


Figura 28: Criação de uma diretiva spice.

As informações características de dado modelo são encontradas em suas bibliotecas, caso não tenha acesso, também são encontradas via internet, busque pelo modelo seguido de “ltspice”, por exemplo “BC337 ltspice” que terão disponíveis as informações em vários sites de eletrônica e afins.

6. Simulação

Ao concluir a montagem do circuito, tem-se agora o principal objetivo de utilização do software LTspice que é a simulação. Normalmente a simulação é feita com o intuito de experimentação e verificação de resultados teóricos.

Dentro do LTspice é possível fazer diferentes observações com diferentes simulações conforme o necessário. As principais são: Simulação em algum ponto específico (comportamento da tensão no ponto e a corrente na malha); Simulação em função do tempo; Simulação em relação a alguma grandeza.

6.1. Simulação Contínua em um ponto específico

Quando se necessita de informações sobre algum ponto específico do circuito, faz-se a demarcação do local desejado e realiza-se a simulação contínua. Para isso o LTspice fornece a opção “DC op pnt”, localizada no canto superior esquerdo em “RUN”.

Com o intuito de demarcar algum ponto que se deseja saber a corrente ou a tensão, é criado um “Net Name” e adicionado no local pretendido.

As figuras abaixo são ilustrativas para o processo de criação de “Net Name” e a simulação contínua do circuito, respectivamente.

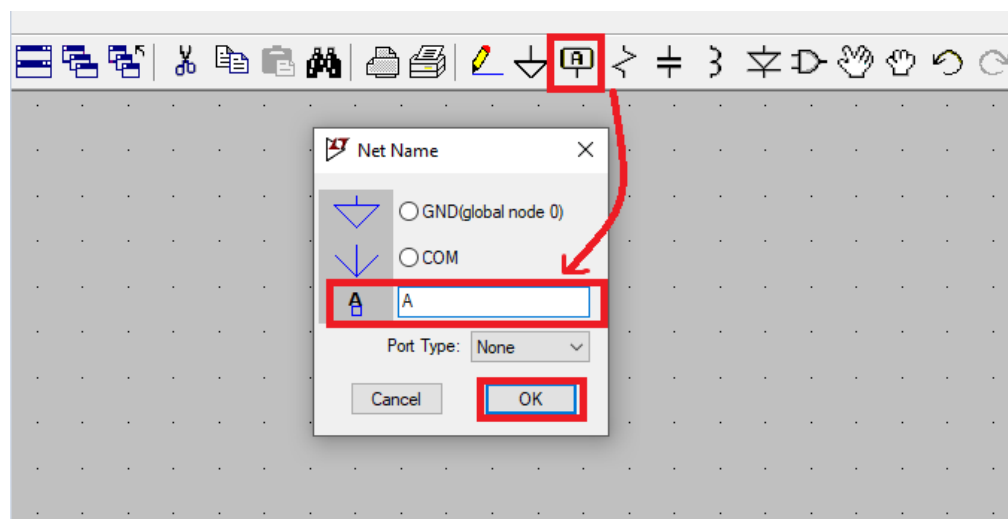


Figura 29: Criação de Net Name.

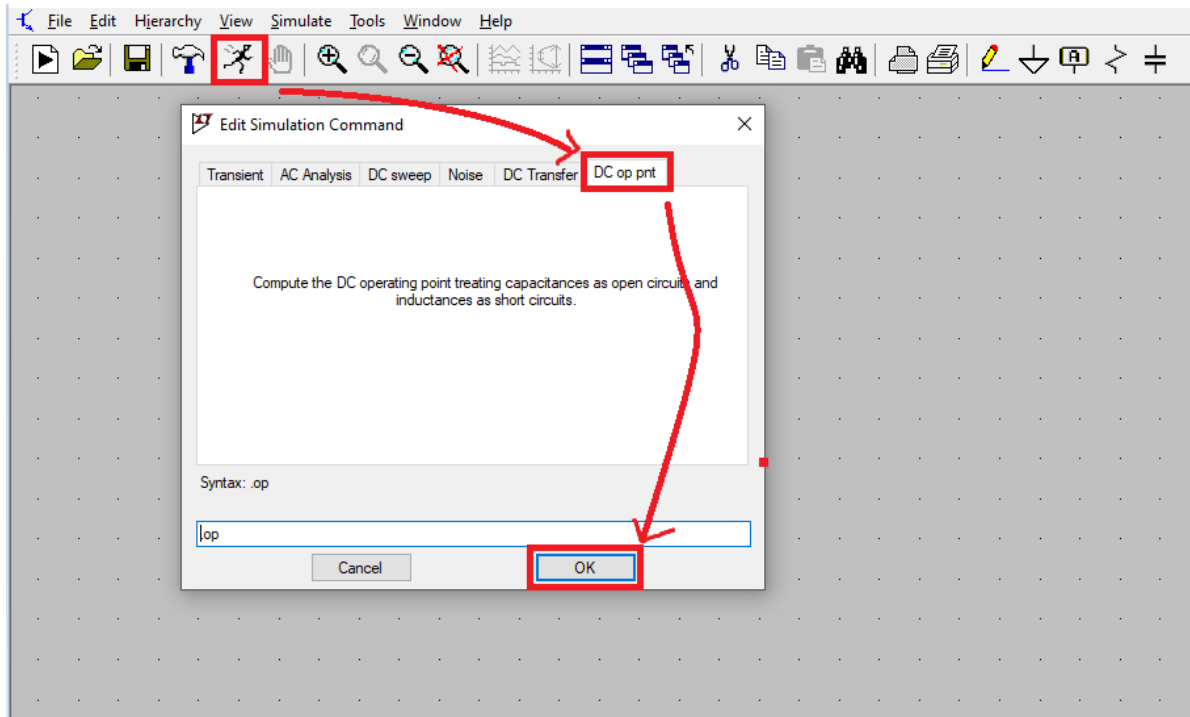


Figura 30: Simulação Contínua.

Caso o circuito apresente algum erro ou detalhe fora do esperado, o programa, durante a simulação, irá mostrar e indicar onde está ocorrendo este erro.

6.2. Simulação em função do tempo

A outra opção para circuitos que apresentam fontes alternadas é a simulação em função do tempo. Depois de montado o esquemático, em “RUN” tem-se a alternativa “Transient”, dentro desta opção existem alguns valores que devem ser adicionados conforme a necessidade do autor do projeto, como os valores final e inicial da varredura e seu passo (todos em segundos).

Após adicionar os valores e clicar em “OK”, o próprio software abrirá uma nova janela para observar o gráfico da grandeza desejada em função do tempo. Para demarcar o local desejado é utilizado o multímetro virtual que é a própria seta de seu aparelho computador.

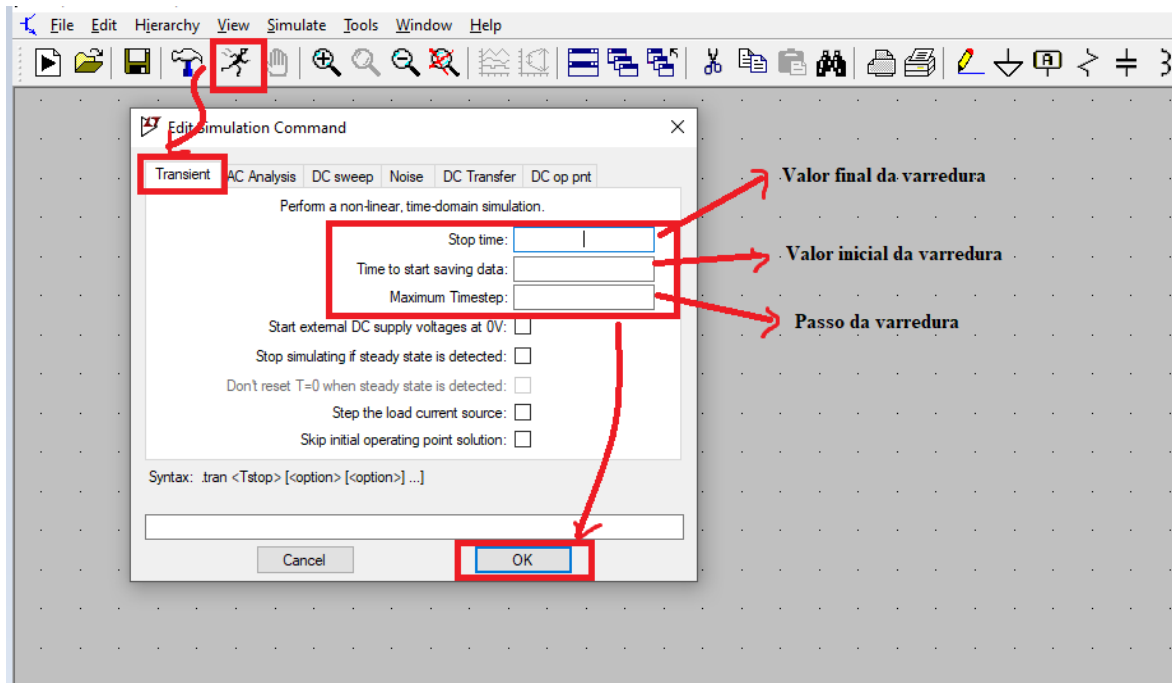


Figura 31: Simulação em função do tempo.

6.3. Simulação para pequenos sinais em AC

Com a simulação para pequenos sinais AC é possível obtermos a resposta em frequência do circuito, muito utilizada durante as experimentais com transistores.

Depois de montado o circuito desejado, clique sequencialmente em “RUN” e “AC Analysis”, determine o tipo de varredura (linear, octave, decade, list), o número de pontos por década, o valor inicial e o final da varredura.

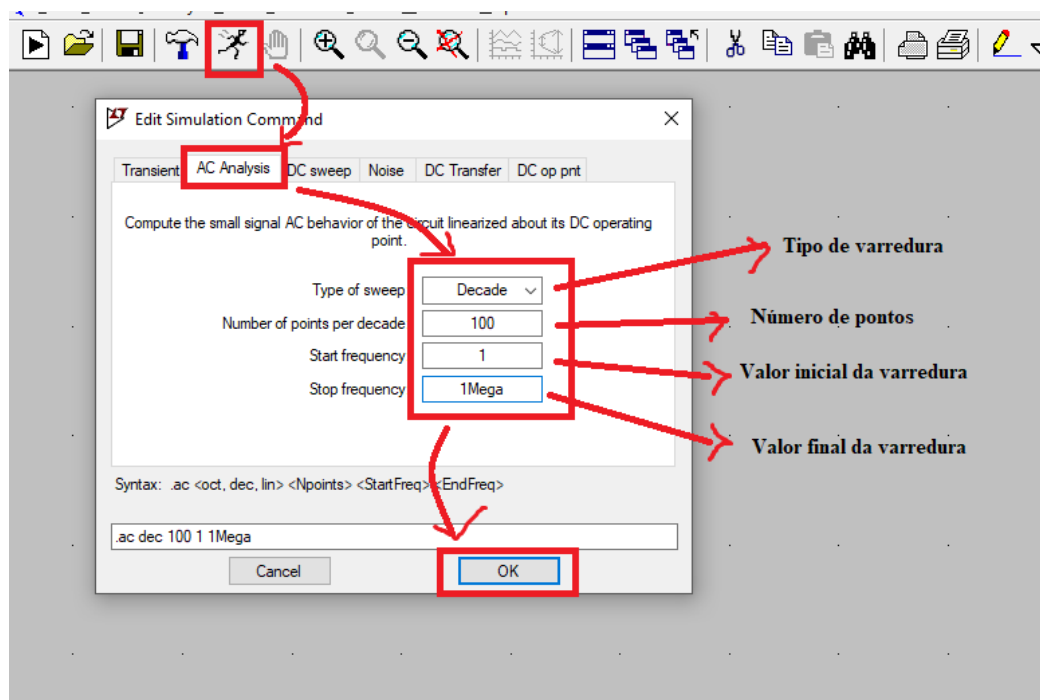


Figura 32: Simulação para pequenos sinais AC.

Referências

LTspice Simulator. Disponível em:

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