

Simulador LTSpice

- O LTSpice foi desenvolvido pela Linear technology, o nome é acrônimo de **Linear Technology Spice**.
- Atualmente é desenvolvido pela Analog Devices que adquiriu a Linear Technology em 2016
- É um simulador de circuitos elétricos com captura esquemática.
- Realiza simulações em corrente contínua, DC. Na frequência, AC. No tempo, TRAN. Permite análise paramétrica e ruído.
- Possui um ótimo pós-processador gráfico

Simulador LTSpice

- **Características**

- Não há limitação no número de nós
- Editor (Captura) esquemática
- Ótimo visualizador gráfico
- Basta biblioteca de componentes passivos e ativos
- **Simulação rápida para fontes chaveadas (SMPS, switching mode power supplies)**
 - Detecção de estado estacionário
 - Ativação em estado transitório
 - Resposta ao degrau
 - Computo eficiente de energia (Efficiency / power computations)

Simulador LTSpice

- Opções de análise avançadas de simulação
- Mais de uma centena de circuitos exemplos disponíveis e na wiki do LTSpice (site).
 - Exemplos revisados pelo grupo de tecnologia aplicada da linear
 - http://www.ltwiki.org/index.php?title=Main_Page
- Editor esquemático prático e fácil de usar.
 - LTSpice contém vários macro modelos para dispositivos de potência da LTC

Simulador LTSpice

- **Compatibilidade**, A versão atual é a XVII (LTSpiceXVII)
 - No windows 7, 8 e 10. No MAC OSX 10.7+
 - No Linux via Wine, para o wine 1.62 ou superior
- Exemplos de circuitos no LTSpice
 - Amplificadores, incluindo transistores TBJ, JFET, MOSFETs e Válvulas termoiônicas
 - Amplificadores operacionais, Osciladores, Fontes chaveadas, Conversores A/D
- Pode ser baixado de:
 - <http://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Simulador LTSpice

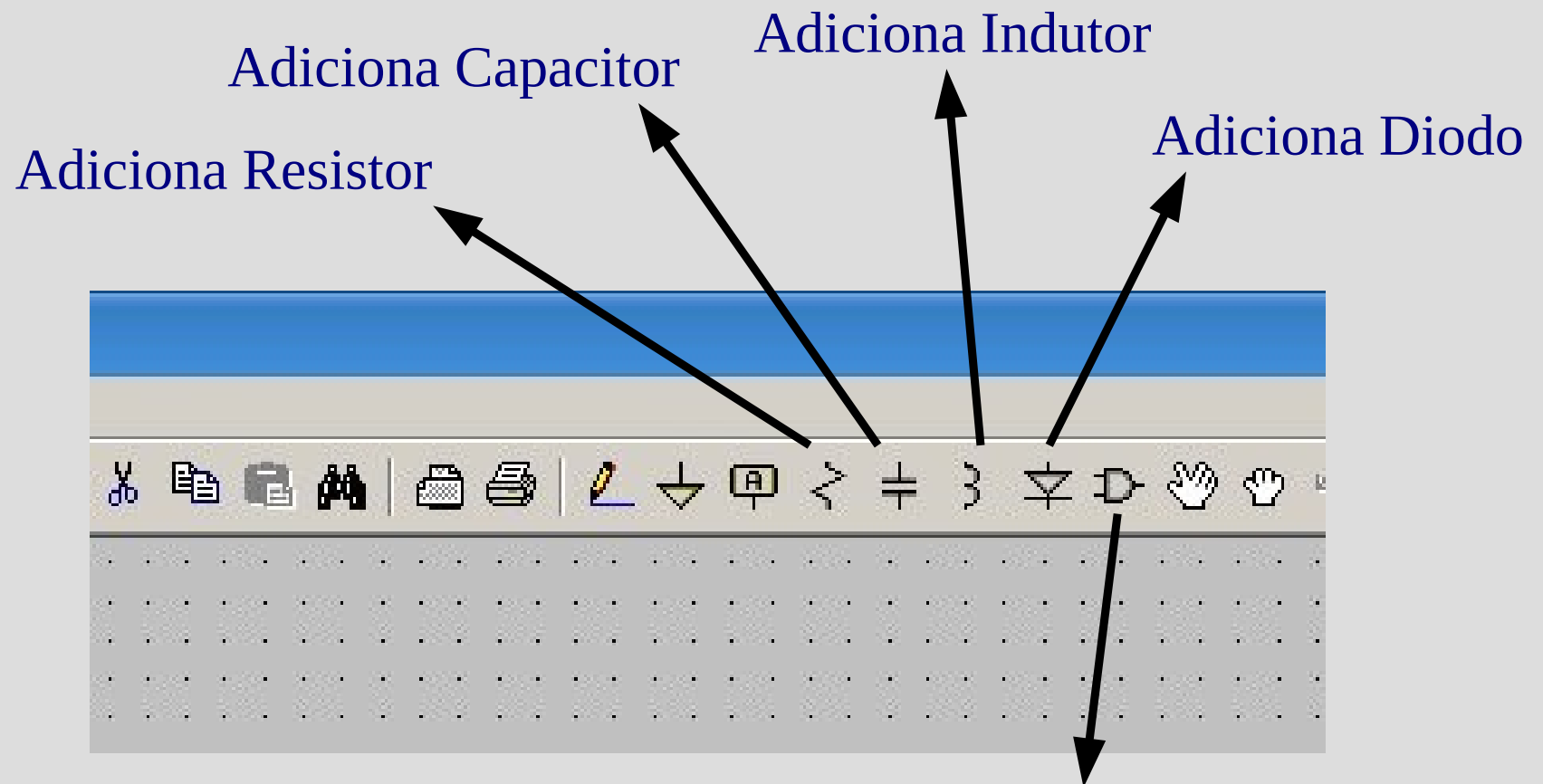
- **Iniciando o LTSpice**

- Ao inicializar o programa teremos uma tela similar à mostrada na figura.
- Há várias ferramentas de arquivos, edição e bibliotecas.



Simulador LTSpice

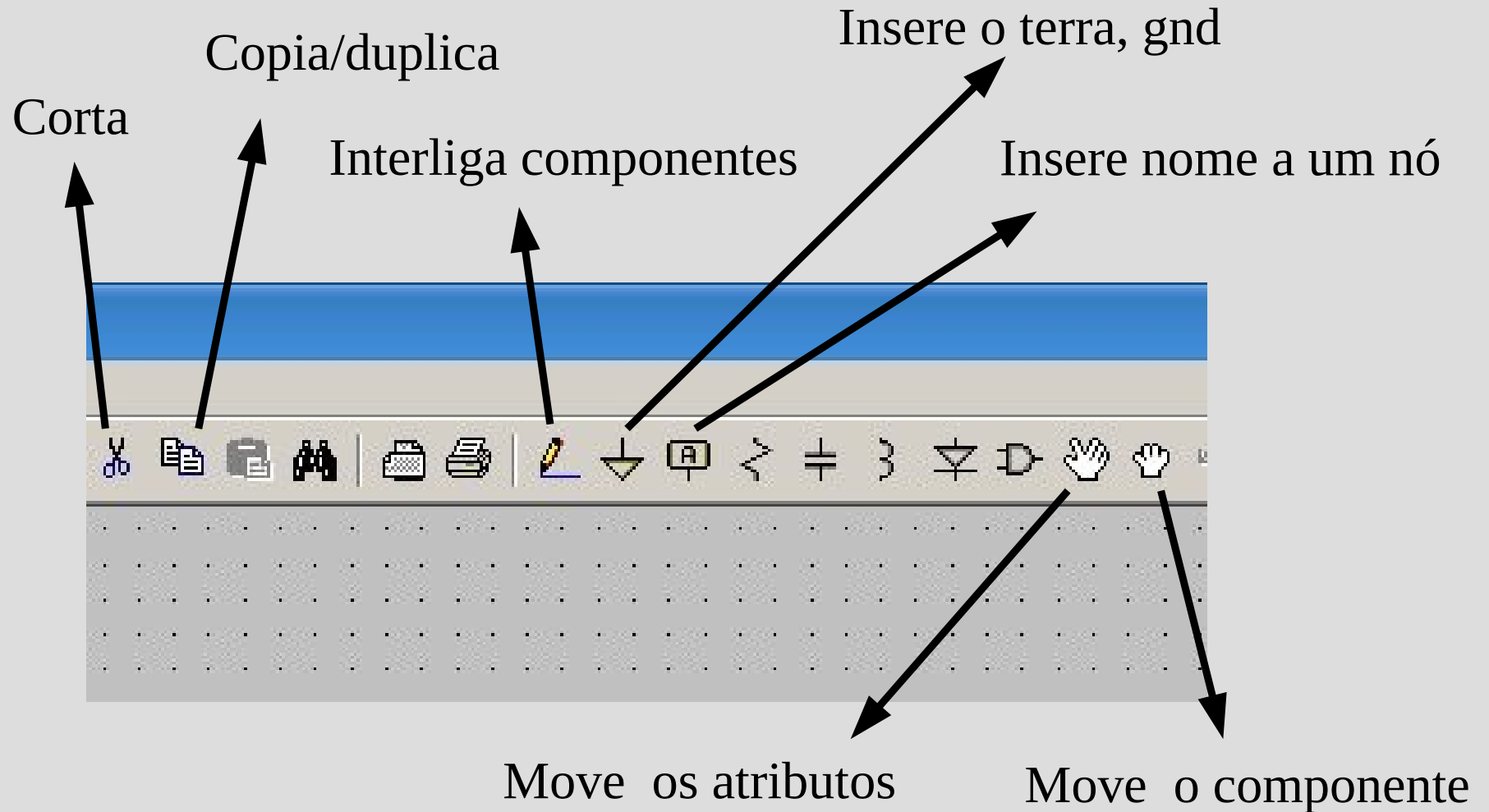
- Trabalhando com componentes



Abrir biblioteca de componentes

Simulador LTSpice

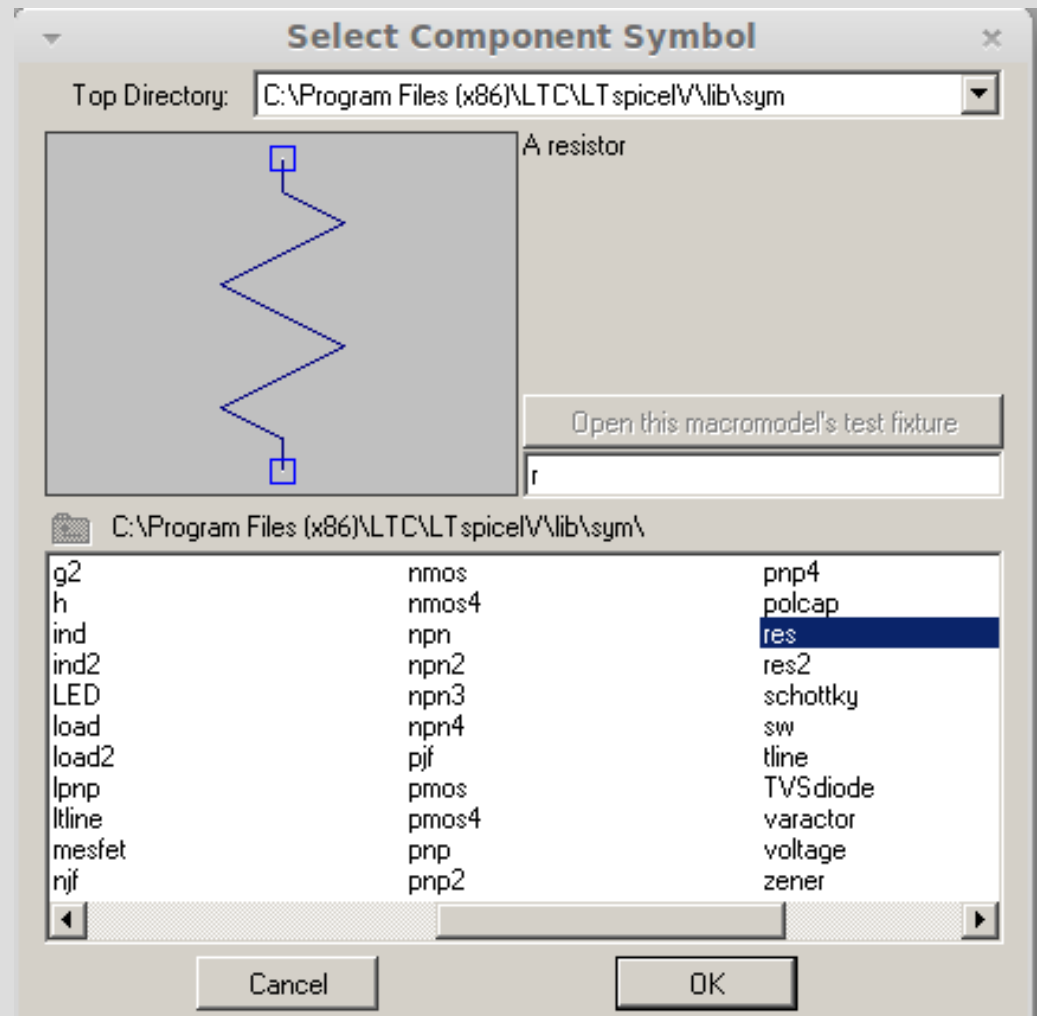
- Editando esquemas



Simulador LTSpice

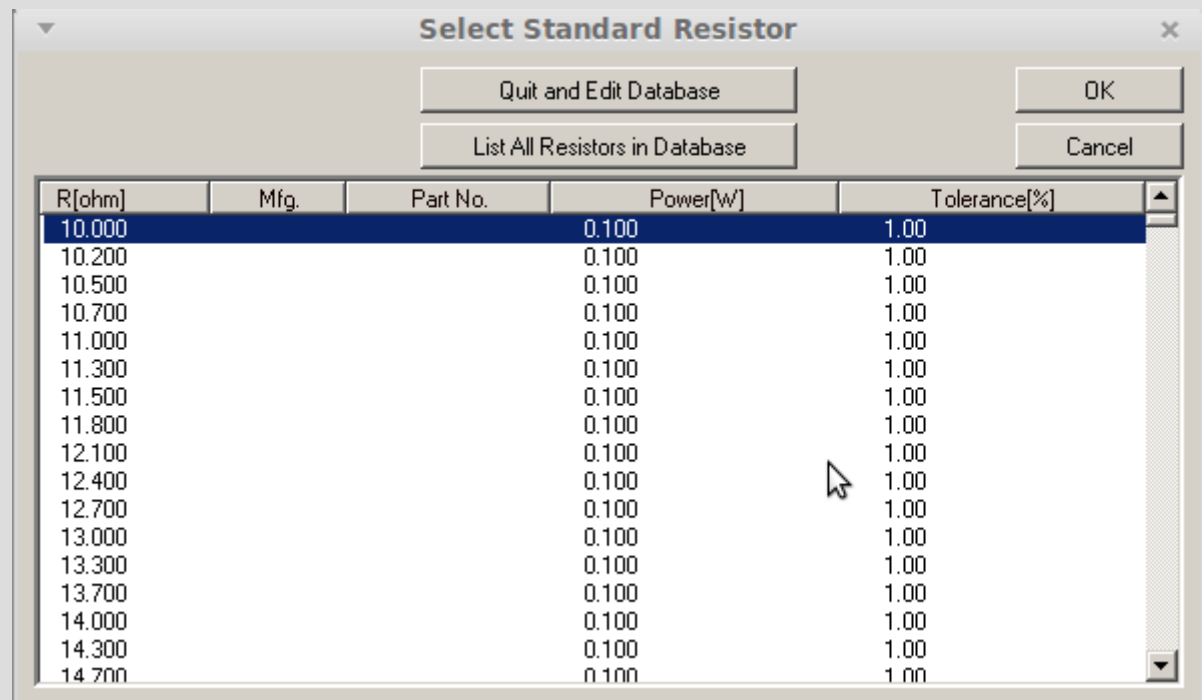
- Biblioteca de componentes

- Há várias pastas com componentes
- Podem ser procurados pela **letra inicial**
- Fica selecionado para as próximas inclusão
- **Crtl+R** rotaciona 90°
- **Crtl+ E** espelha



Simulador LTSpice

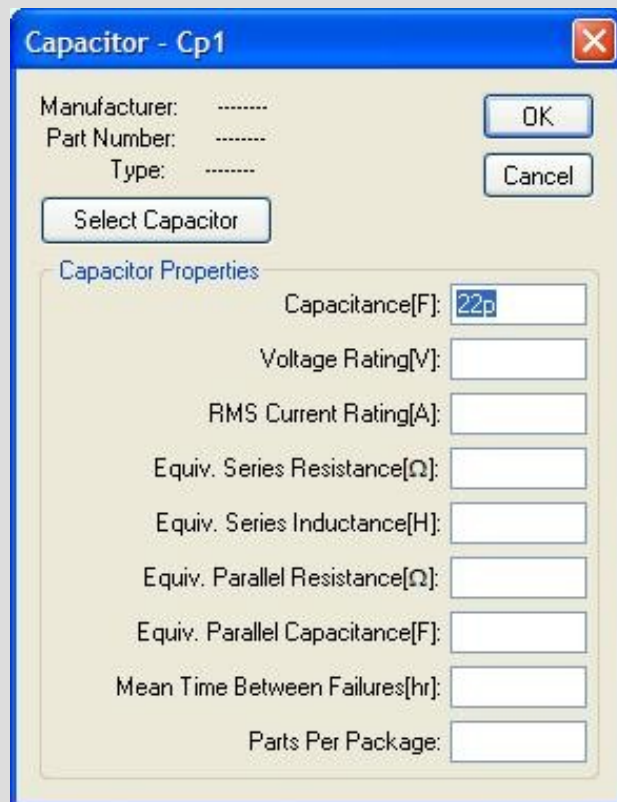
- Editando componentes básicos, **Resistores**
 - Clicando com o botão direito sobre o componente (propriedade).



- É possível incluir novos resistores à biblioteca.

Simulador LTSpice

- Editando componentes básicos, **Capacitores**
 - Clicando com o botão direito sobre o componente



Capacitor - Cp1

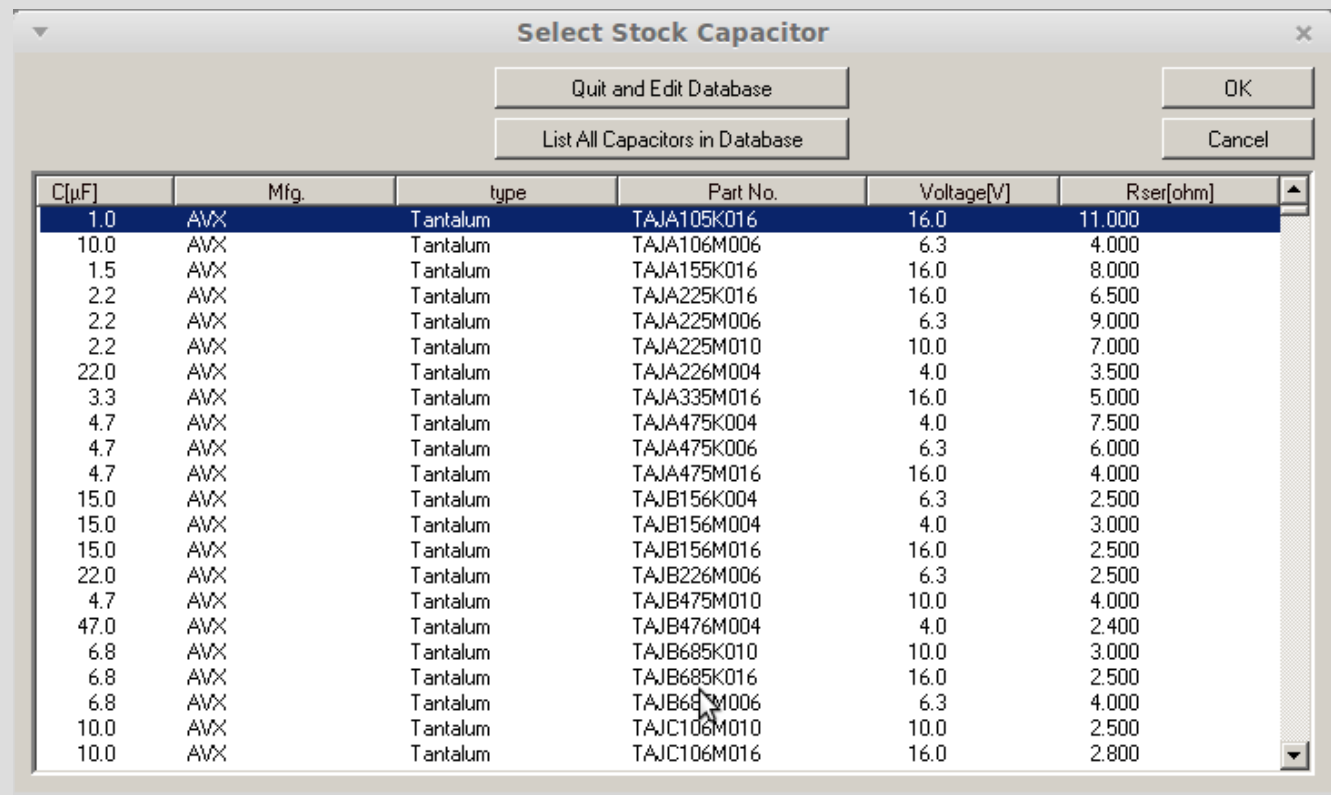
Manufacturer:
Part Number:
Type:

OK
Cancel

Select Capacitor

Capacitor Properties

Capacitance[F]: 220
Voltage Rating[V]:
RMS Current Rating[A]:
Equiv. Series Resistance[Ω]:
Equiv. Series Inductance[H]:
Equiv. Parallel Resistance[Ω]:
Equiv. Parallel Capacitance[F]:
Mean Time Between Failures[hr]:
Parts Per Package:



Select Stock Capacitor

Quit and Edit Database
List All Capacitors in Database

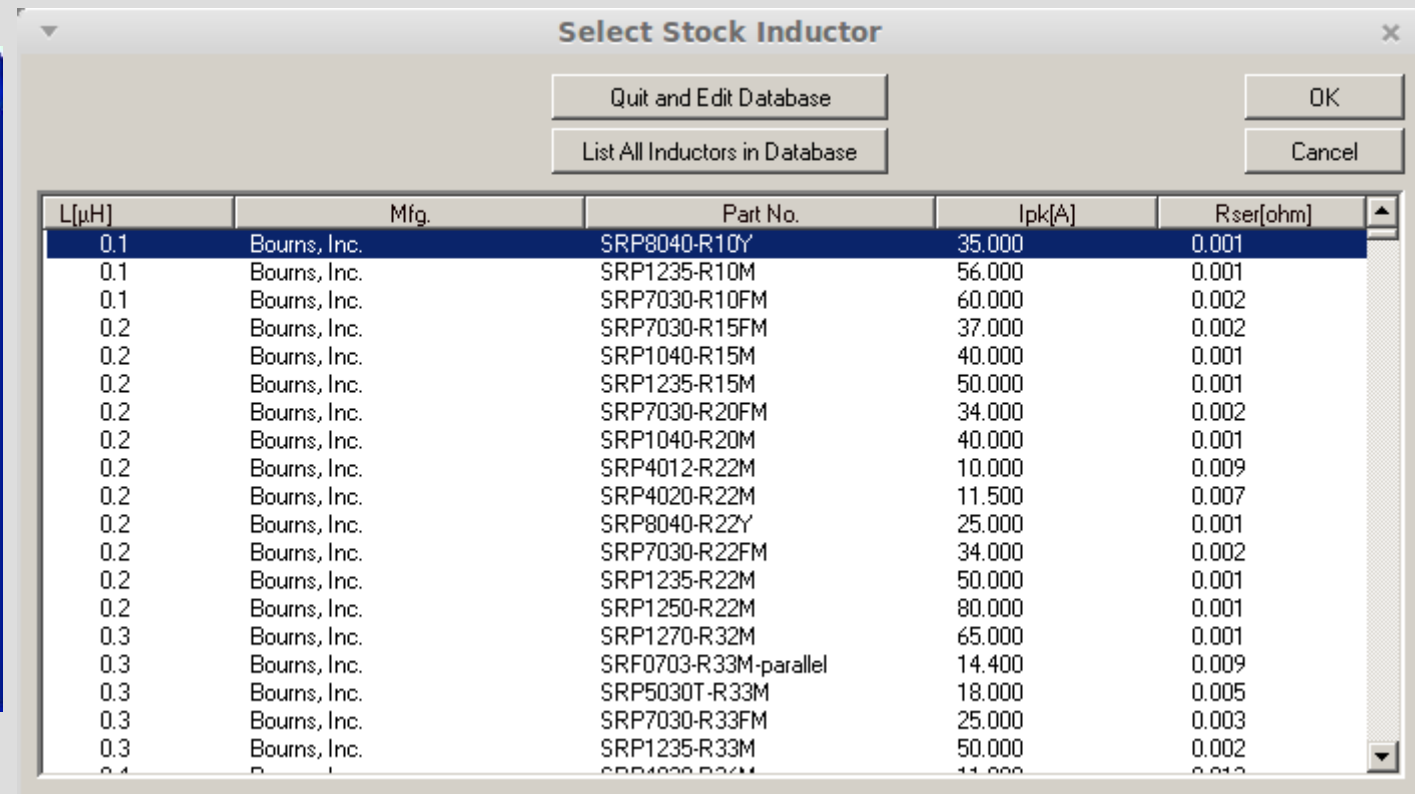
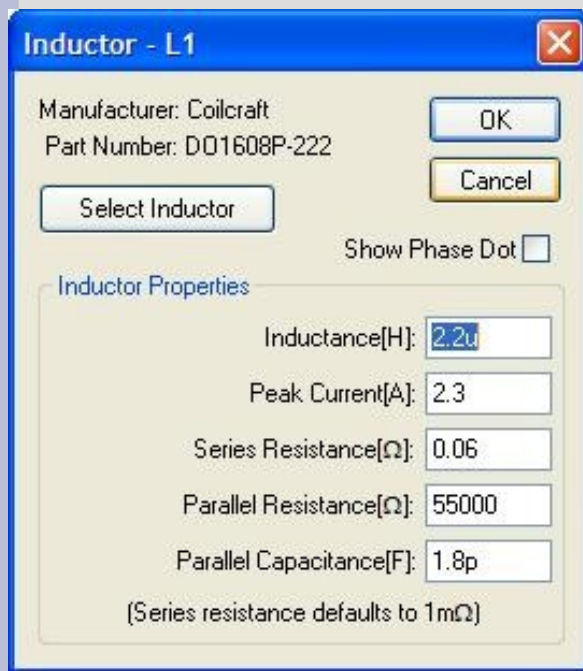
OK
Cancel

C[μF]	Mfg.	type	Part No.	Voltage[V]	Rser[ohm]
1.0	AVX	Tantalum	TAJA105K016	16.0	11.000
10.0	AVX	Tantalum	TAJA106M006	6.3	4.000
1.5	AVX	Tantalum	TAJA155K016	16.0	8.000
2.2	AVX	Tantalum	TAJA225K016	16.0	6.500
2.2	AVX	Tantalum	TAJA225M006	6.3	9.000
2.2	AVX	Tantalum	TAJA225M010	10.0	7.000
22.0	AVX	Tantalum	TAJA226M004	4.0	3.500
3.3	AVX	Tantalum	TAJA335M016	16.0	5.000
4.7	AVX	Tantalum	TAJA475K004	4.0	7.500
4.7	AVX	Tantalum	TAJA475K006	6.3	6.000
4.7	AVX	Tantalum	TAJA475M016	16.0	4.000
15.0	AVX	Tantalum	TAJB156K004	6.3	2.500
15.0	AVX	Tantalum	TAJB156M004	4.0	3.000
15.0	AVX	Tantalum	TAJB156M016	16.0	2.500
22.0	AVX	Tantalum	TAJB226M006	6.3	2.500
4.7	AVX	Tantalum	TAJB475M010	10.0	4.000
47.0	AVX	Tantalum	TAJB476M004	4.0	2.400
6.8	AVX	Tantalum	TAJB685K010	10.0	3.000
6.8	AVX	Tantalum	TAJB685K016	16.0	2.500
6.8	AVX	Tantalum	TAJB685M006	6.3	4.000
10.0	AVX	Tantalum	TAJC106M010	10.0	2.500
10.0	AVX	Tantalum	TAJC106M016	16.0	2.800

- É possível incluir capacitores à biblioteca

Simulador LTSpice

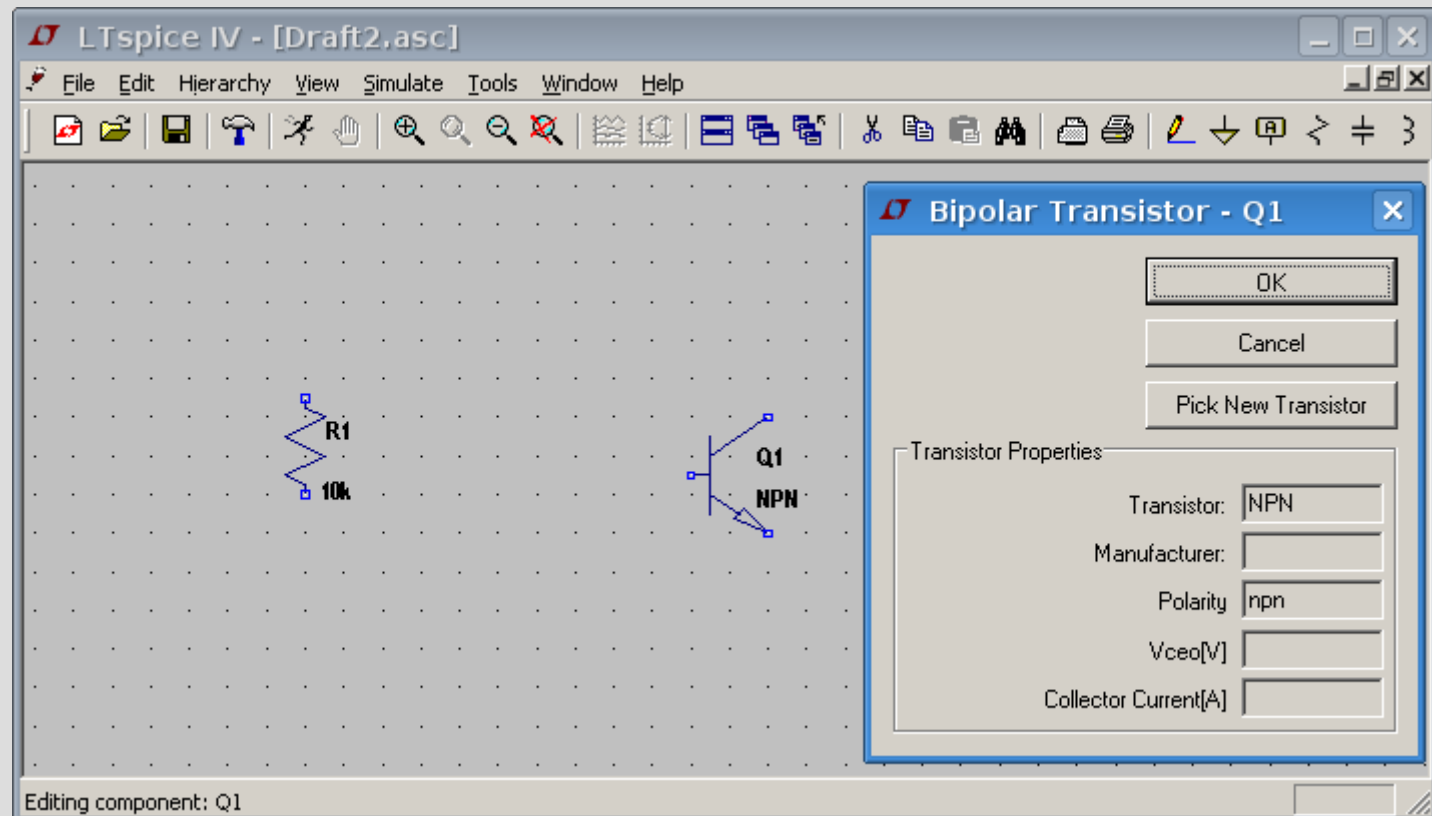
- Editando componentes básicos, **Indutores**
 - Clicando com o botão direito sobre o componente



- É possível incluir indutores na biblioteca

Simulador LTSpice

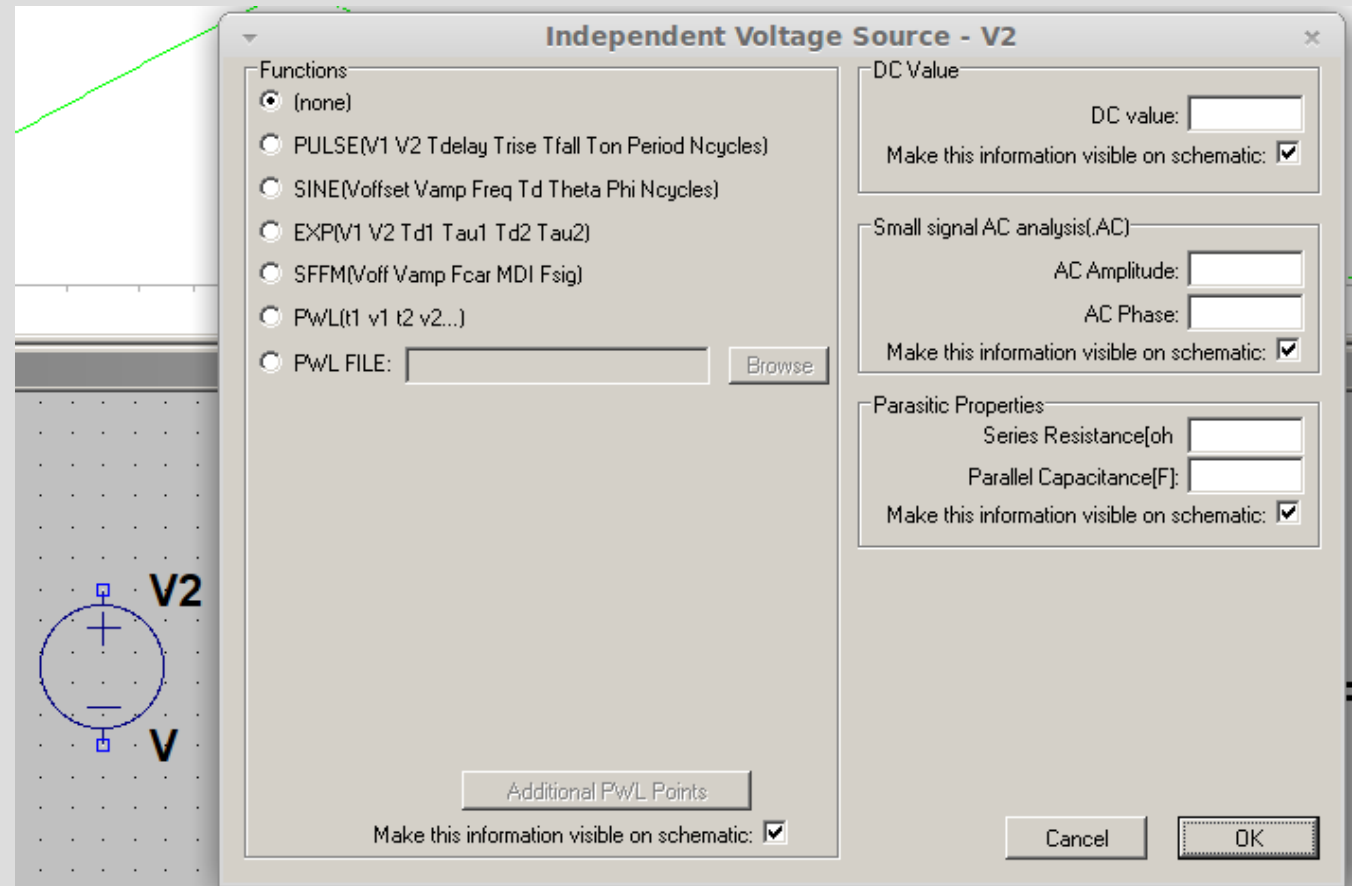
- Editando outros componentes, **Transistor TBJ**
 - Clicando com o botão direito sobre o componente
 - Aparecerá uma caixa de diálogo com as características



Simulador LTSpice

- Os geradores são configurando com a tecla direita do mouse sobre o gerador, propriedades.
- Alterado os parâmetros dos mesmos.

- Valor DC
- AC, amplitude e fase
- Função
- Pulso
- Senoidal
- Exponencial
- PWL

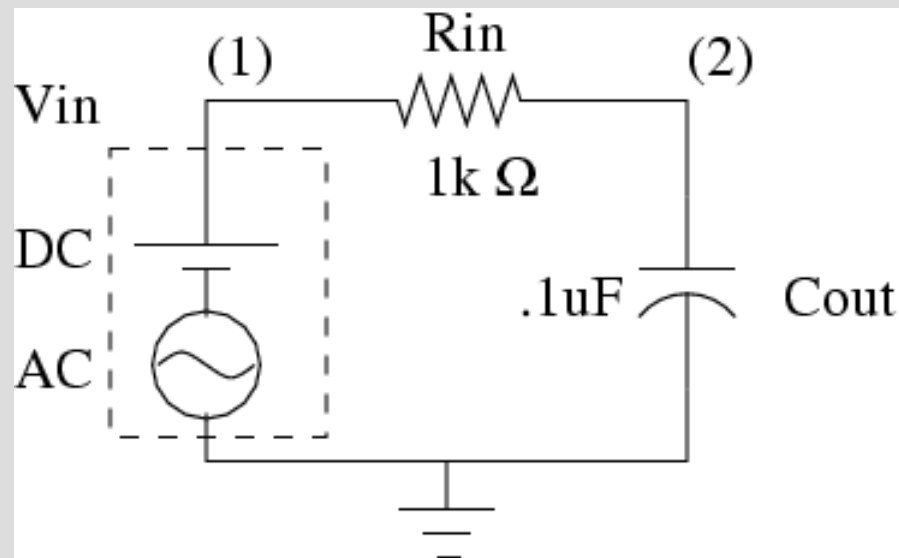


Simulador LTSpice

- Para rodar a simulação é necessário especificar o tipo de análise.
- Há seis tipos de análises
 - Análise transiente, domínio do tempo, TRAN
 - Análise pequeno sinal, AC domínio da frequência
 - Análise DC, corrente contínua
 - Ruído
 - Função de transferência DC
 - Ponto de operação “op”DC
- Os comandos de simulação são incluídos no circuito esquemático na forma de texto similar ao Spice
 - .comando

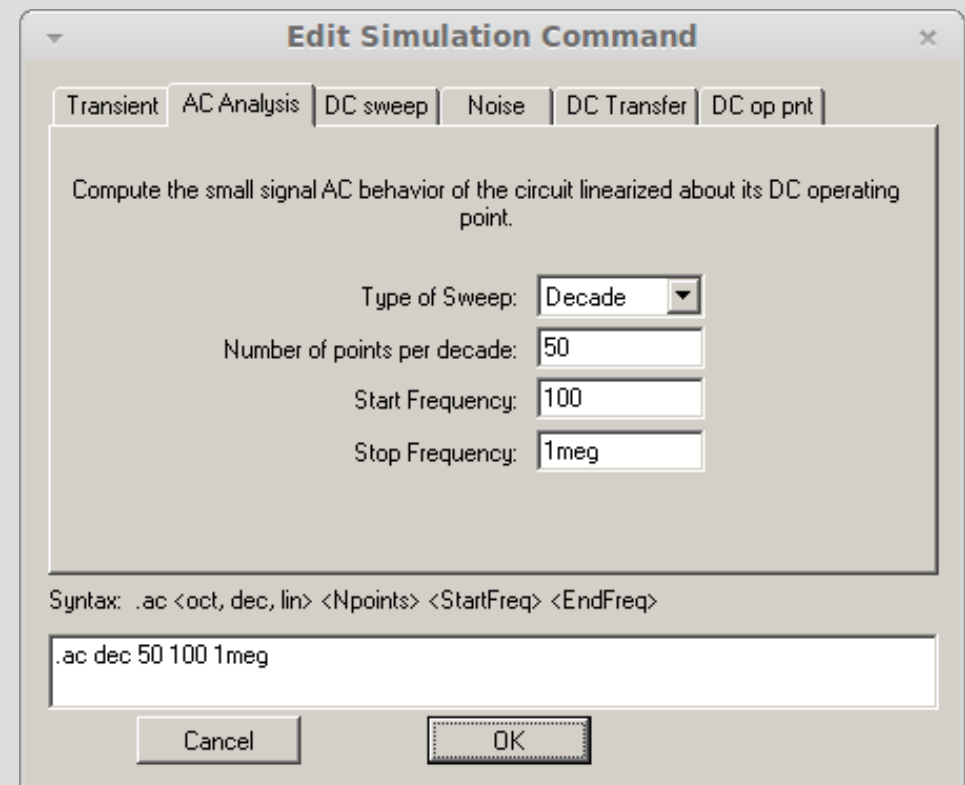
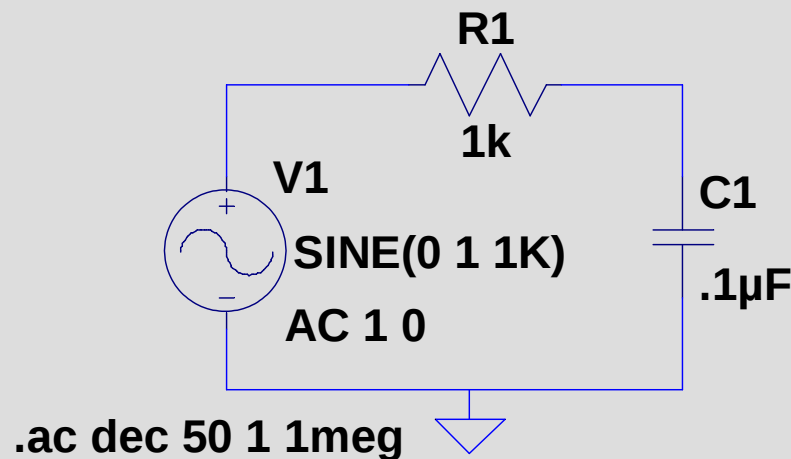
Simulador LTSpice

- **Exercício.** Implemente o arquivo de simulação do filtro RC abaixo.
 - Utilize a função “signal” para o gerador, com amplitude de 1V
 - Realize a análise em frequência (AC) para uma faixa de 10 Hz a 1 MHz



Simulador LTSpice

- O arquivo e os parâmetros de simulação são os seguintes
 - No gerador foi especificada a função senoidal, sine com valor DC 0, amplitude de 1V e frequência de 1kHz. Também foi especificada a amplitude de 1V em AC e fase 0.
 - O comando de análise (.ac) foi incluído mostrando os parâmetros na caixa de dialogo.

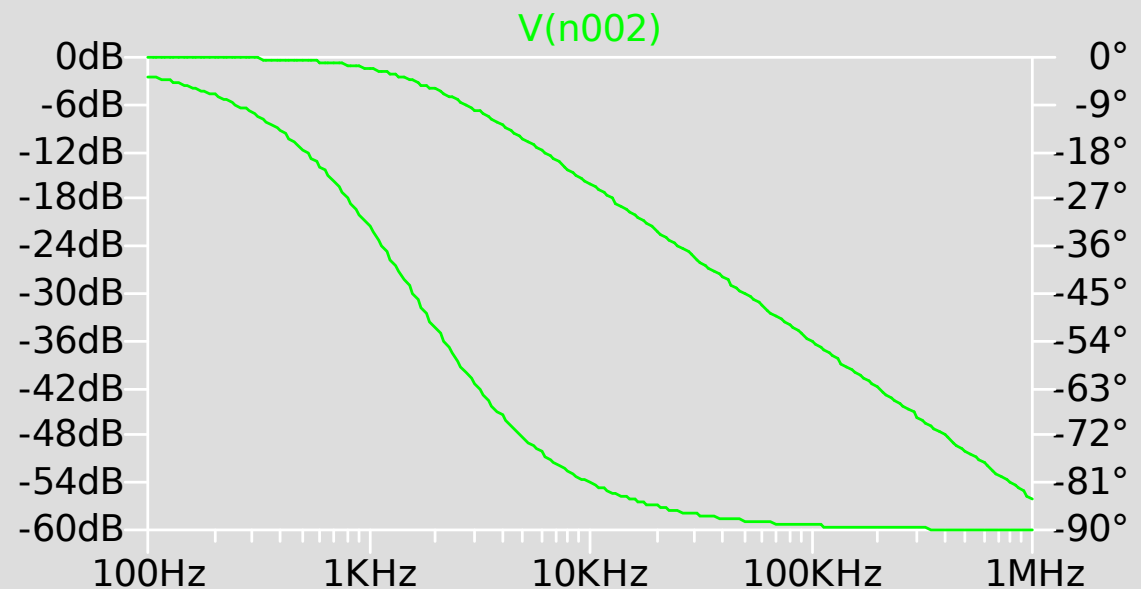
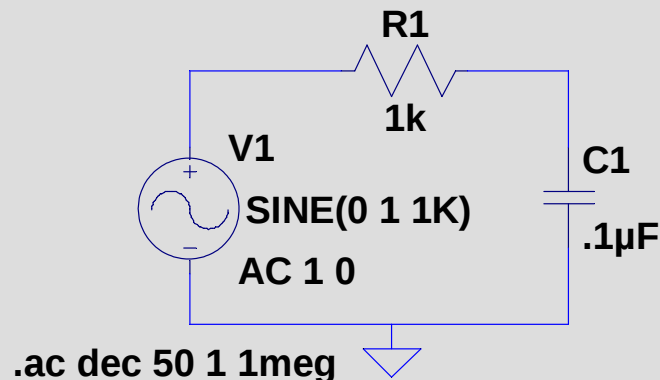


Simulador LTSpice

- O arquivo de simulação e o resultado estão a seguir
 - Por default a análise AC é mostrado em dB



- Após a simulação ter sido realizada (rodada)
- As tensões podem ser mostradas utilizando-se a ferramenta ponta de prova sobre o nó específico

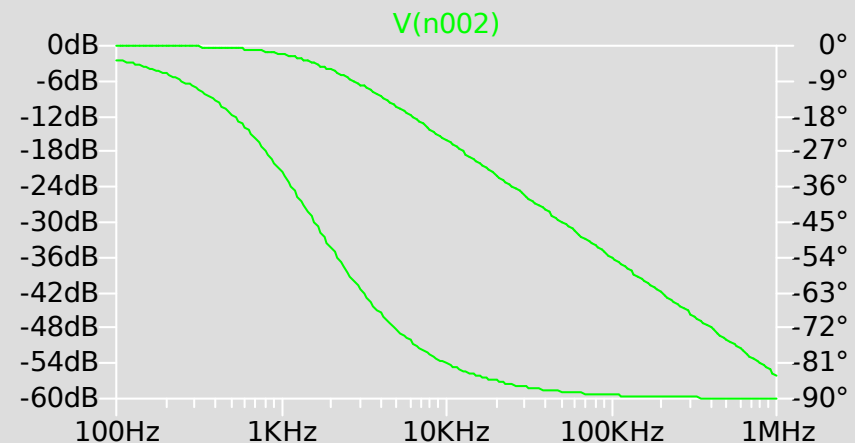
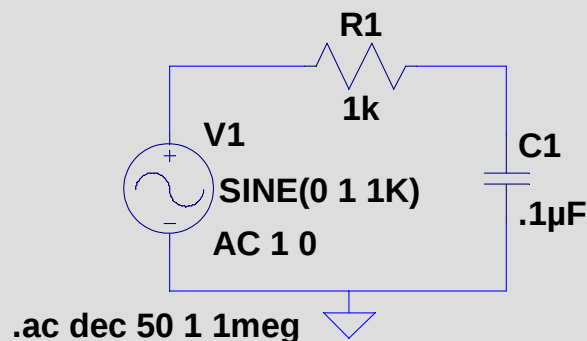


Simulador LTSpice

- Utilização das ferramentas de pontas de prova

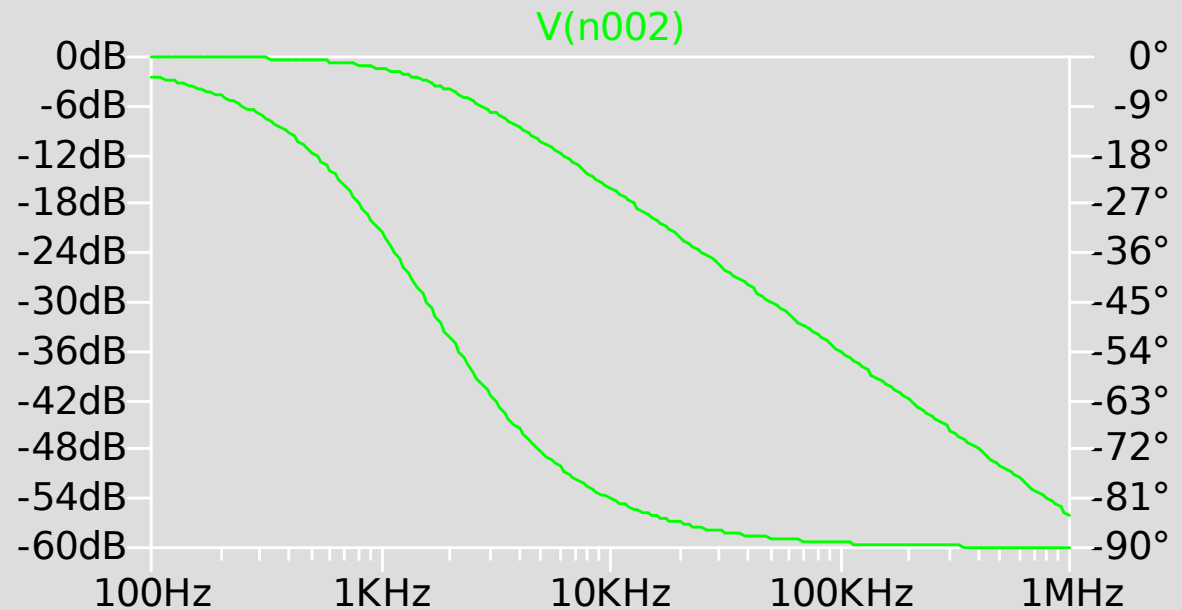
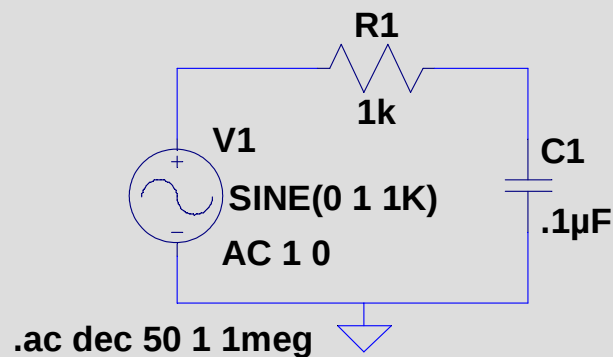


- É possível medir diferença de potencial entre dois nós para isto:
 - Clique no nó positivo a ser medido, arraste o mouse até o nó negativo e solte o mouse.
 - O medidor muda de cor de vermelho para preto
- Se colocar o mouse sobre o componente aparecerá o símbolo indicando uma corrente



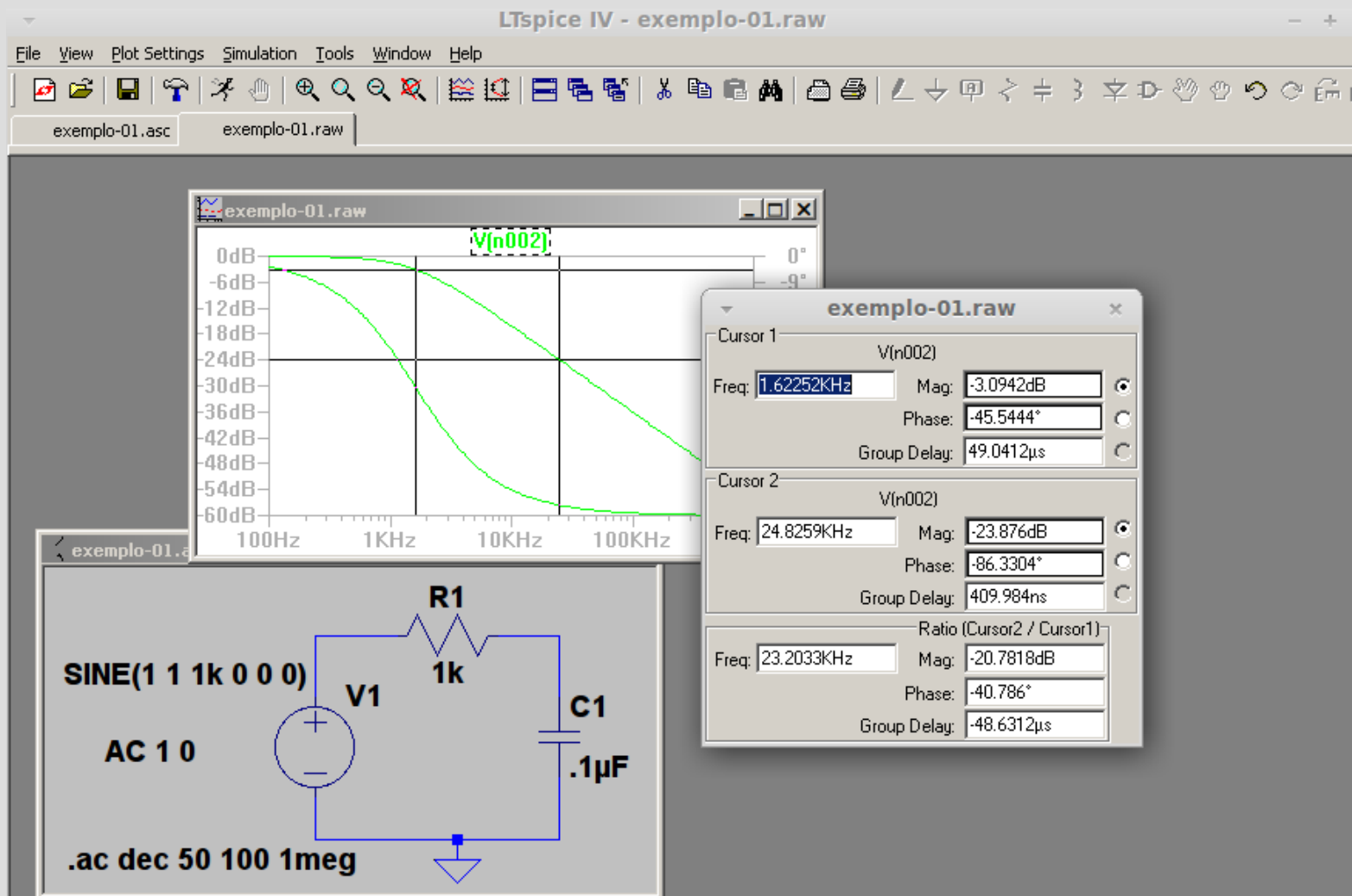
Simulador LTSpice

- O pós-processador (gráfico), possui dois cursores que são ativados com as propriedades da tensão ou corrente que está sendo mostrada no gráfico



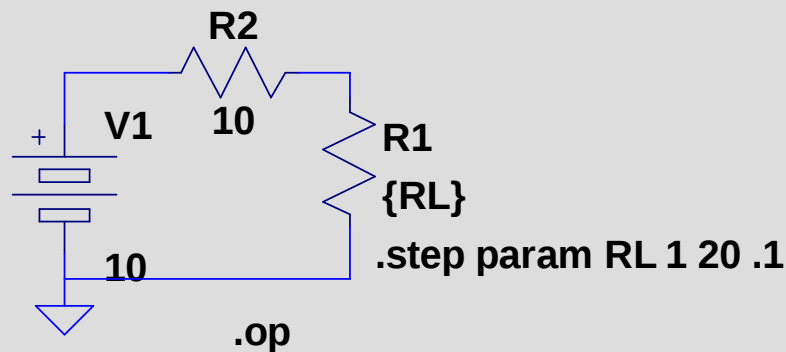
Simulador LTSpice

- Os cursos indicam a posição, valores, “x” e “y” e as variações.



Simulador LTSpice

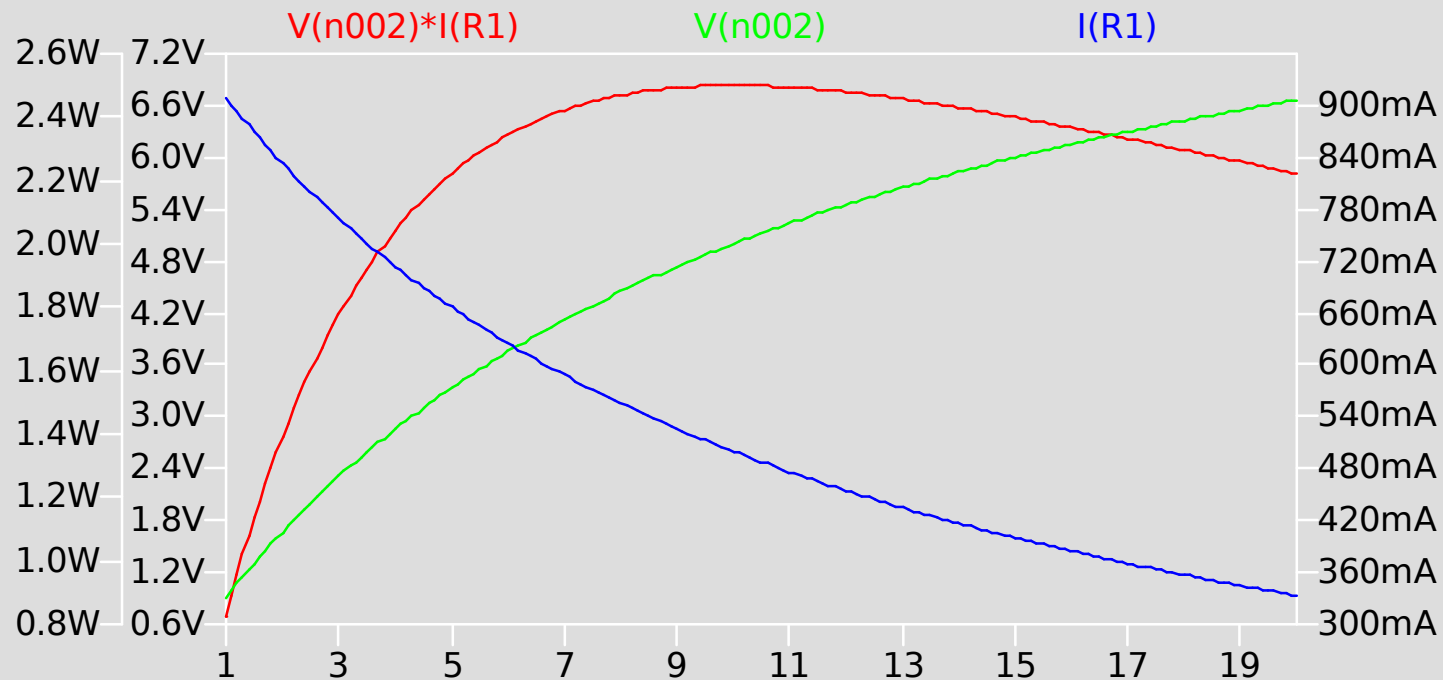
- Este simulador também permite incluir análise de parâmetros de componentes
- Por exemplo podemos variar a resistência, para isto é necessário trocar o **valor do componente por {Nome}**



- O comando “**.op**” é necessário para realizar a simulação, calcula o valor inicial de operação dos componentes
- O comando “**.step**” define o parâmetro “**param**”
- No exemplo o RL define a variação da resistência de 1 a 10 ohms com passos de .1 ohms

Simulador LTSpice

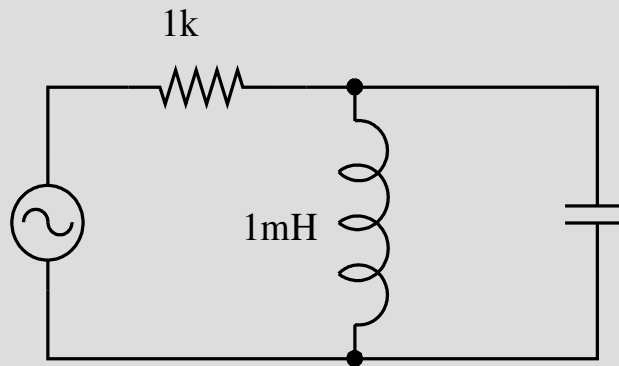
- Podemos utilizar operadores matemáticos.
- Calculando a potência no resistor de carga (RL)



- Observamos que a máxima potência ocorre quando os resistores são iguais

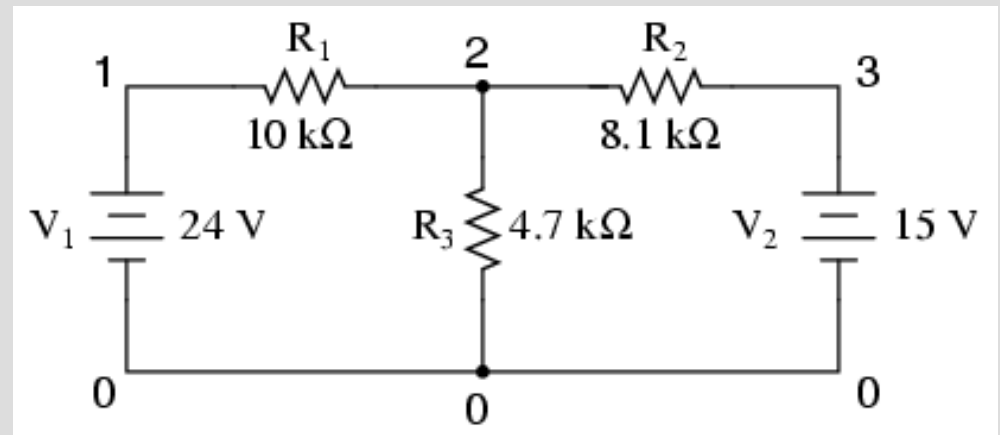
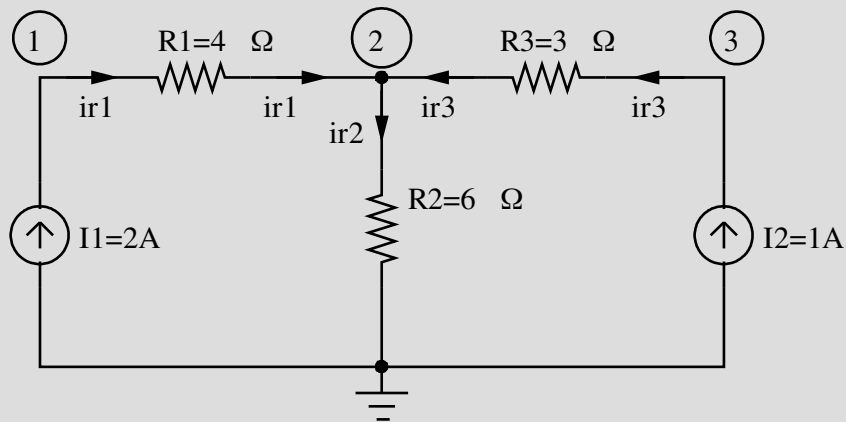
Simulador LTSpice

- Realize agora a simulação dos seguintes circuitos
- **1) Circuito Ressonante.**
 - Análise AC (frequência) entre 900 Hz e 1100 Hz, linear. Amplitude do gerador de 1V
 - 1.1) Alto Q , $L=1\text{mH}$ e $C=25,33\mu\text{F}$
 - 1.2) Médio Q, $L= 3.183\text{m}$ e $C=7.958\mu$
 - 1.3) Baixo Q, $L=15.92\text{m}$ e $C=1.592\mu$
 - Verifique o comportamento da tensão no capacitor (graficamente) em função da variação do Q do circuito.



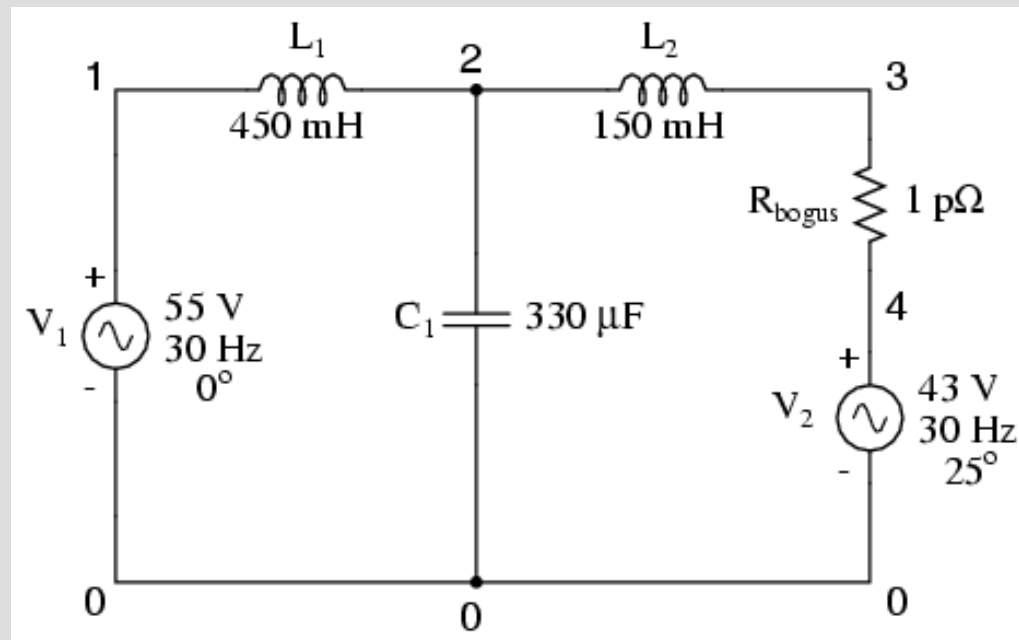
Simulador LTSpice

- **2) Análise Nodal em DC.**
 - 2.1) Geradores de correntes
 - 2.2) Geradores de tensão
 - Obtenha as tensões e correntes no resistores



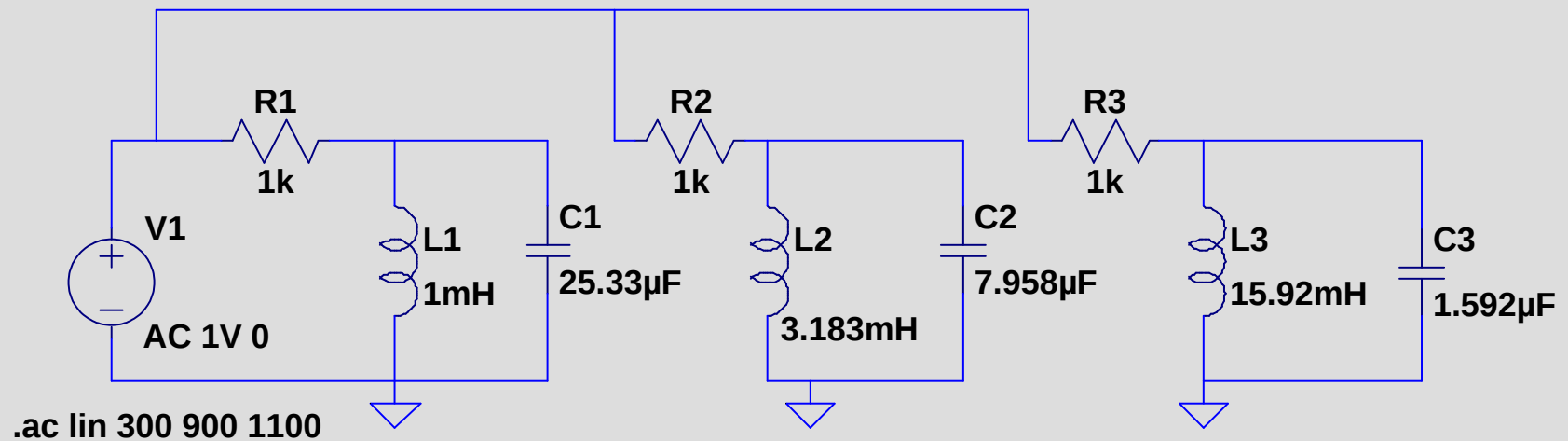
Simulador LTSpice

- 3) Análise em regime permanente senoidal, AC
 - Frequência de 30Hz a 30Hz 1step



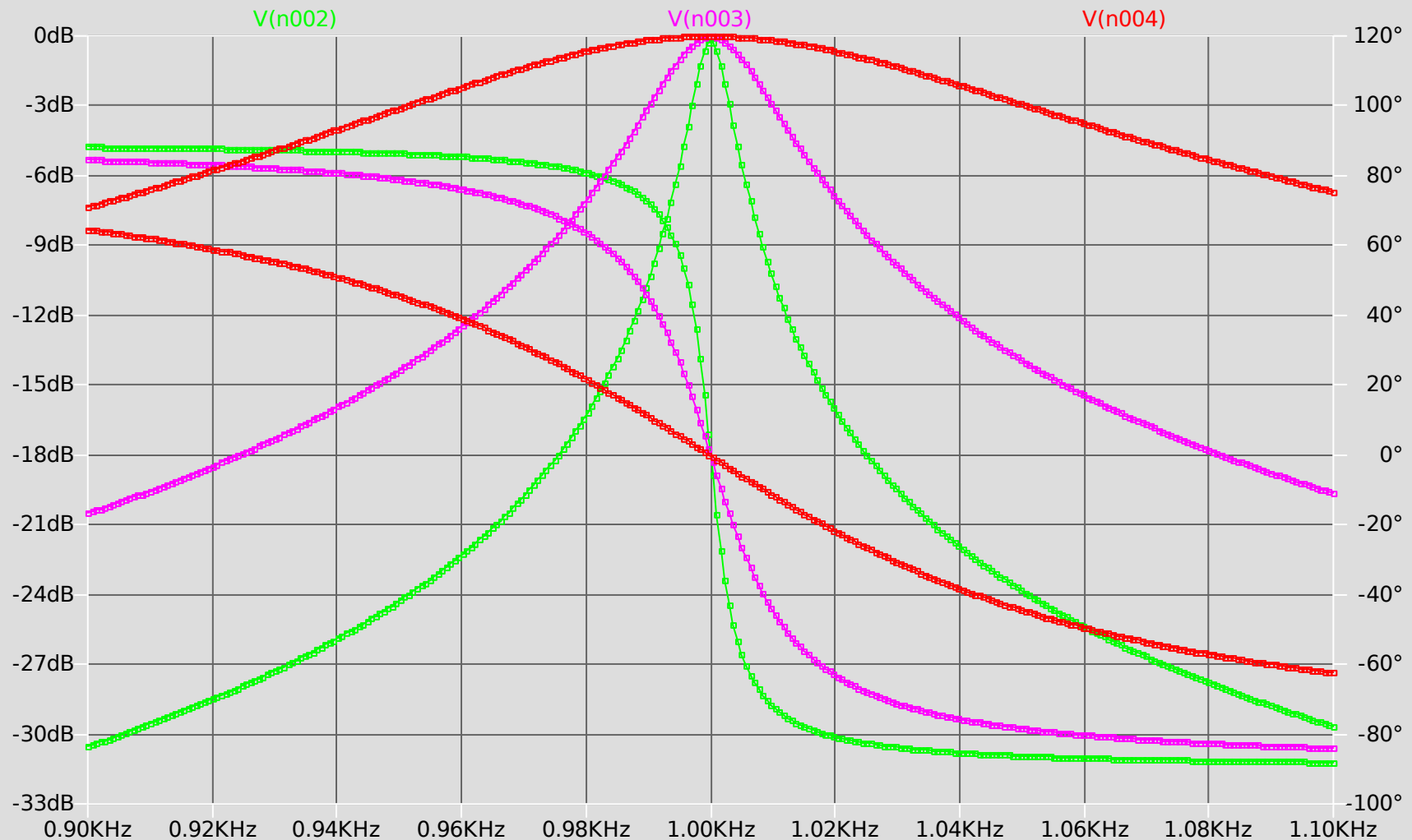
Simulador LTSpice

- **Respostas. Circuito 1**
- O arquivo de simulação será similar a isto.



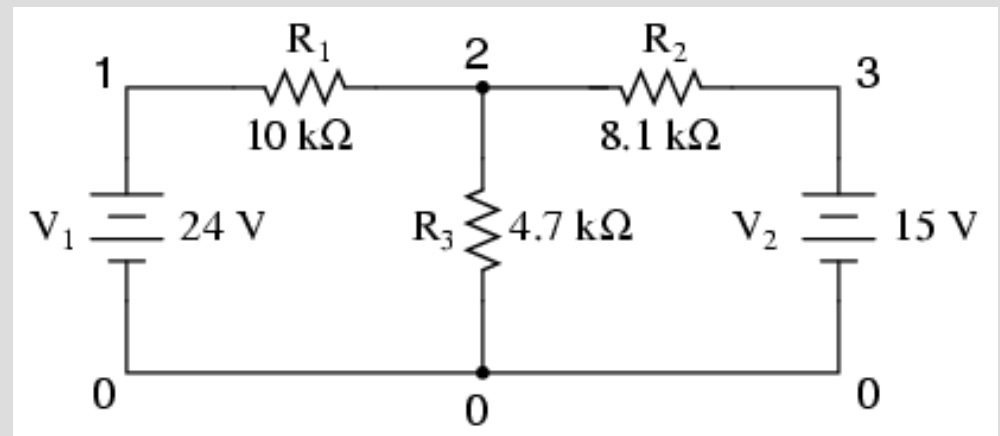
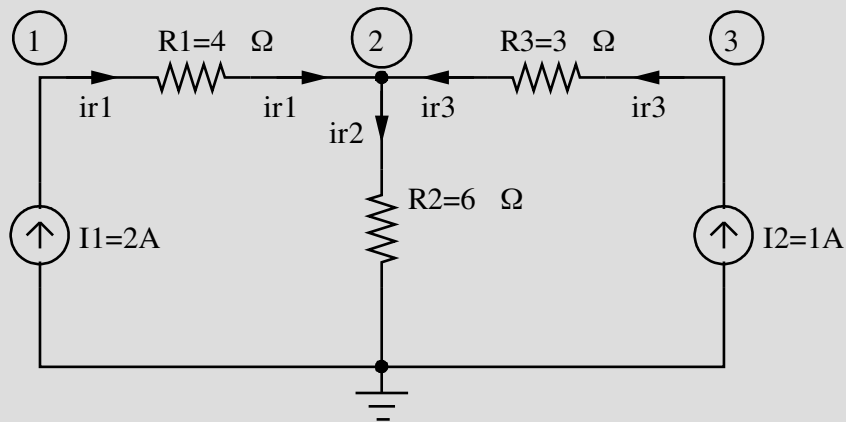
Simulador LTSpice

- O resultado da simulação da tensão no capacitor será:



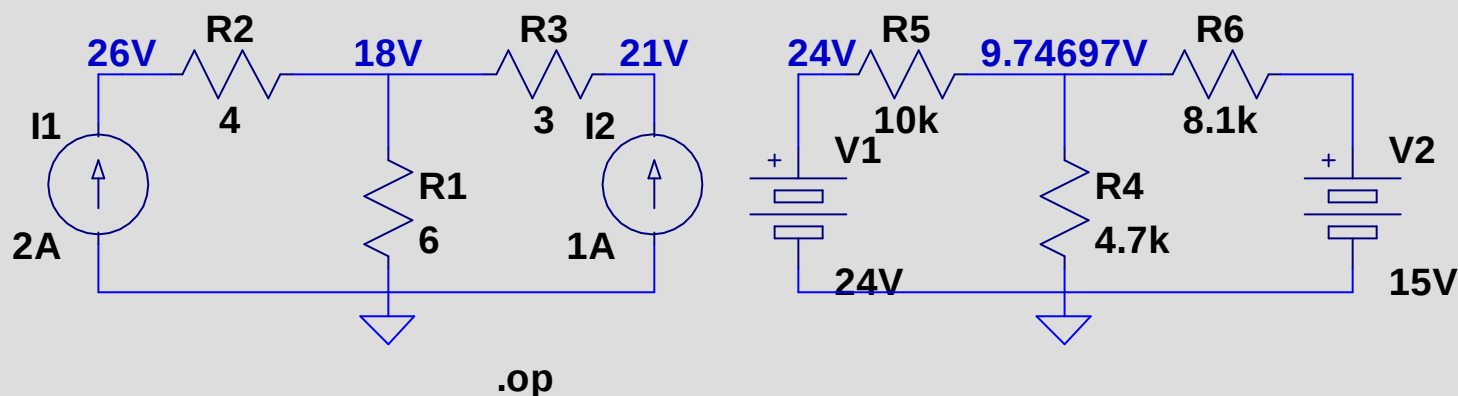
Simulador LTSpice

- **Resposta exercício 2 Análise Nodal em DC.**
 - 2.1) geradores de correntes
 - 2.2) Geradores de tensão
 - Obtenha as tensões e correntes no resistores



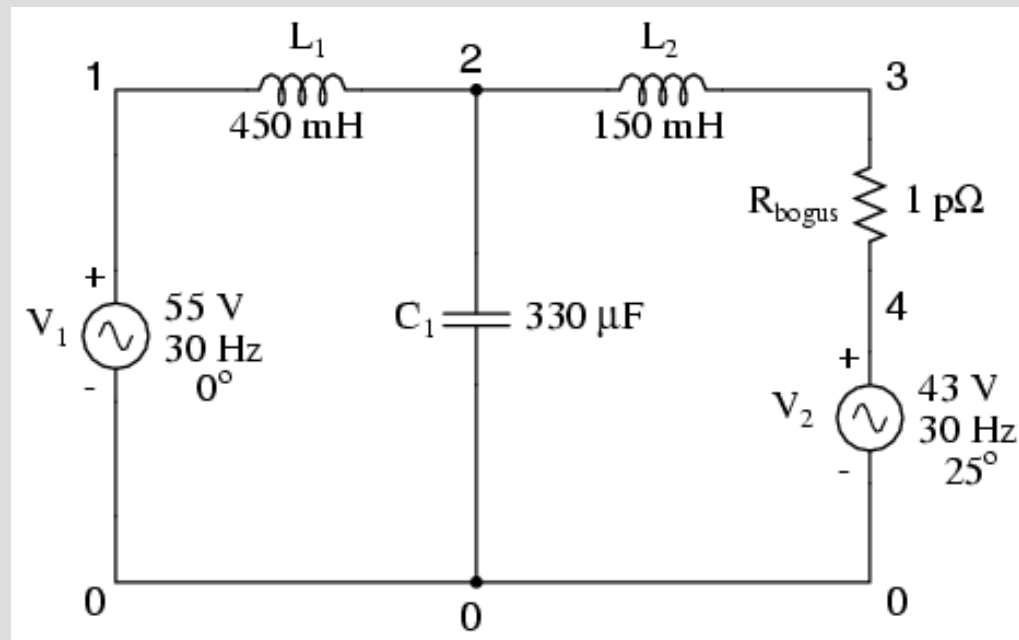
Simulador LTSpice

- Exercício análise Nodal, resposta dos circuitos simulados
 - Na análise DC é possível visualizar o resultado das tensões nodais.
 - Para isto posicione o mouse no nó, observe que o valor na tensão é mostrada no canto inferior da janela do circuito esquemático.
 - Para mostrar o valor no esquemático é necessário clicar duas vezes para ativar o valor da tensão
 - A corrente e a potência são mostradas no canto inferior esquerdo esquema quando o mouse é colocado sobre o componente



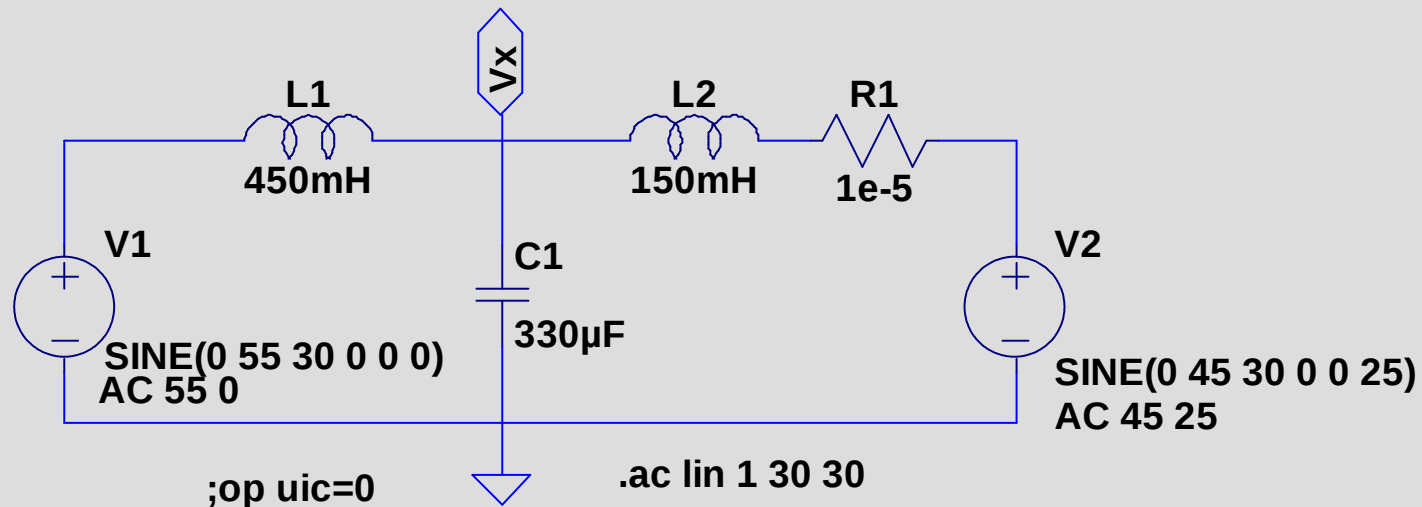
Simulador LTSpice

- 3) Análise de regime permanente senoidal, AC
 - Frequência de 30Hz a 30Hz 1step



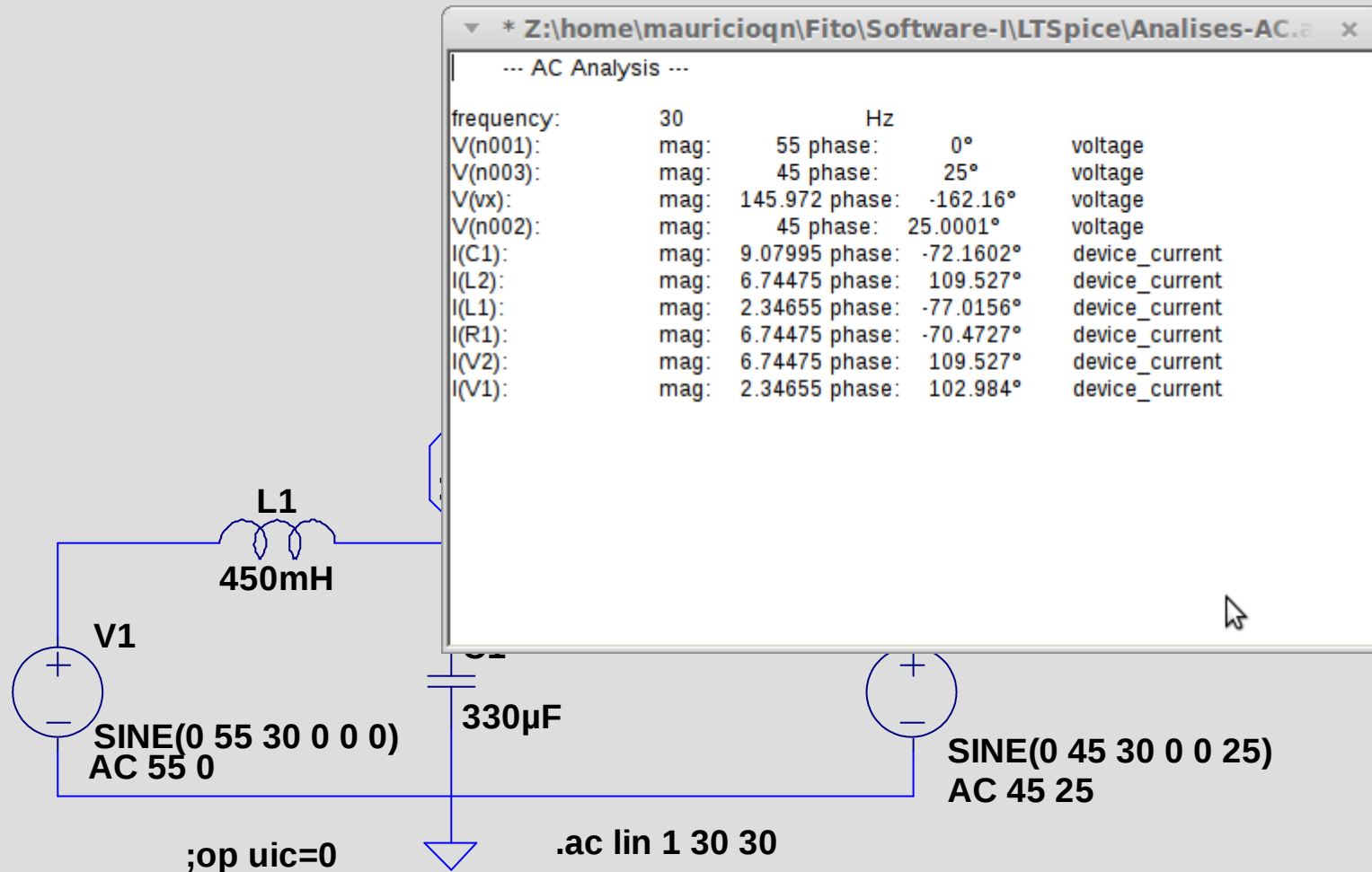
Simulador LTSpice

- Um exemplo de circuito simulado está a seguir.
 - A os rodar o simulador, são mostrados os resultados da análise, tensões nodais e correntes nos componentes (elementos)
 - Isto pode ser seleccionado no ícone visualização dos gráficos



Simulador LTSpice

- Um exemplo de circuito simulado está a seguir.



Simulador LTSpice

- Bibliografia
- http://www.ltwiki.org/index.php?title=Main_Page
- <http://www.linear.com/designtools/software/>
- <http://denethor.wlu.ca/ltspice/>
- <http://eecs.oregonstate.edu/education/docs/tutorials/LTSpiceIntro.pdf>